GETREIDELAGERUNG IN UNTERIRDISCHEN GROßSPEICHERN: ZUR METHODE UND IHRER ANWENDUNG IM 2. JAHRTAUSEND V. CHR. AM BEISPIEL DER BEFUNDE IN ḪATTUŠA

von JÜRGEN SEEHER

Aus den Texten aller Reiche des Alten Orients sind uns zentrale Vorratsspeicher unter staatlicher Kontrolle geläufig. Sie bildeten einen Teil der Machtbasis des Herrschers und waren für die Kontinuität des Systems unerläßlich. Der Untertan füllte den Speicher, indem er einen Steuerbetrag in Naturalien ablieferte, oder aber er war direkt und ausschließlich mit der Produktion von Vorräten für die Zentralmacht beschäftigt und erhielt dafür Wohnrecht und Schutz. Auch in den Texten der Hethiter sind königliche Speicher und Siegelhäuser häufiger erwähnt[1], aber in den Ausgrabungen von hethitischen Siedlungen konnte lange keine derartige Anlage sicher identifiziert werden. In Ḫattuša-Boğazköy sind nun in den letzten Jahren erstmals unterirdische Speicher für Getreide erforscht worden. Ihrer Größe nach zu urteilen müssen sie für die Lagerung von kommunalen Vorräten gedient haben. In den Vorberichten sind sie bereits beschrieben worden[2] und sollen im folgenden Artikel ausführlicher und in größerem Rahmen betrachtet werden. Da die allermeisten der heutigen Altertumsforscher nicht mit landwirtschaftlichen Prozessen und deren Problemen vertraut sind, scheint außerdem eine detaillierte Darstellung dieses Prinzips der Getreidelagerung mit Beispielen von praktischen Anwendungen sinnvoll[3].

Die Erzeugung und Lagerung von Vorräten ist seit jeher eines der Hauptanliegen des Menschen gewesen. Nur so konnte er seinen Lebensbereich auch in Naturräume ausdehnen, die nicht ständig und für ihn leicht erreichbare Nahrungsquellen bereithielten. Seit dem Neolithikum waren es in

---

[1] RIA 3, 1957-71, 311 ff.

[2] Seeher 1996, 343 ff; 1997, 318 ff; 1998, 224 ff; 1999, 313.

[3] An dieser Stelle möchte ich noch einmal K. Münzing von der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel – und Fettforschung in Detmold für zahlreiche Hinweise zu diesem Thema danken.

SMEA 42/2 (2000) p. 261-301.

besonderem Maße die kohlenhydratreichen Getreidevorräte, die den Menschengruppen das Überleben ermöglichten. Da Getreide bei der Ernte bereits relativ trocken ist, ist es prinzipiell auch besser haltbar als andere Früchte. Aber wie bei jeder Art von Vorratshaltung, so können auch bei der Lagerung von Getreide ernsthafte Probleme auftreten, und zwar unabhängig davon, ob es sich um den Kleinvorrat einer Familie für den nächsten Winter oder um die Lagerung einer größeren Überschußproduktion handelt. Von zahlreichen ethnographischen Überlieferungen[4], von Versuchen im Rahmen der experimentellen Archäologie[5] und natürlich vom Betrieb moderner Siloanlagen[6] sind die Risiken der Getreidelagerung hinreichend bekannt: Nicht nur Ratten und Mäuse, sondern auch Bakterien, Hefen und Schimmelpilze können große Schäden anrichten. Durch die mikrobiologische Aktivität werden Aussehen, Konsistenz und Geschmack des Getreides verändert, und wegen giftiger Stoffwechselprodukte (Pilzgifte) wird es für den menschlichen Genuß unbrauchbar. Außerdem verursachen Pilze auch große Keimschädigungen im Getreide[7]. Nur zum Teil lassen sich solche angegriffenen Vorräte noch an Tiere verfüttern.

Nicht minder gefährlich ist der Insektenbefall: Kornkäfer, Kornläuse, Getreidemotten, Milben und andere Schädlinge sind geradezu spezialisiert auf Getreidevorräte und können innerhalb von kurzer Zeit auch große Mengen vernichten bzw. verschmutzen und ungenießbar machen. Im Gegensatz zu Schimmelpilzen und Bakterien, die teilweise schon mit dem Getreide vom Feld hereinkommen, entwickeln sich die echten Lagerschädlinge unter den Insekten erst unter den typischen Bedingungen im Speicher[8].

Fast alle genannten Lebewesen – mit Ausnahme gewisser Bakterien, die auch unter anaeroben Bedingungen existieren können – brauchen zur Entwicklung Wärme und Sauerstoff, und vor allem die Pilze außerdem auch noch Feuchtigkeit. Sind diese in ausreichendem Maße vorhanden, wird durch Atmung und Stoffwechsel mehr Wärme produziert und weiteres Wachstum von Schadorganismen gefördert[9]. Wärme entsteht außerdem auch im Getreide selber[10]. Abhilfe schafft nur ständiges Umschichten der

[4] z.B. Fenton 1983, 567 ff.; Attia 1948, 105 f.; Buttler 1934, 134 ff.; Peters 1979, 136 f.; Makal 1991, 23 f.

[5] Fenton 1983, 572 ff.; Bowen – Wood 1967, 1 ff.; Reynolds 1974, 118 ff.; Hill – Lacey – Reynolds 1983, 163 ff.; Lacey 1972,151 ff.

[6] Hyde 1958,156 ff.; Hyde – Burrell 1982, 443 ff.; Sigaut 1980, 3 ff.; de Lima 1980; DLZ-Agrarmagazin 1995, 7 ff.

[7] Hyde – Burrell 1982, 466 f.; DLZ-Agrarmagazin 1995, 7.

[8] DLZ-Agrarmagazin 1995, 83 f.

[9] Hyde – Burrell 1982, 472.

[10] Hier werden zum Schutz des Keimes im Korn enthaltene Kohlenhydrate, Zucker

Getreidehaufen im Speicher, eine zeit – und arbeitsintensive Maßnahme[11]. Die antiken Schriftsteller, die sich mit Landwirtschaft beschäftigt haben, geben daher der Beschreibung von sicheren Getreidespeichern und Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung breiten Raum[12]. Sie betonen durchweg die Notwendigkeit von trockener und kühler Lagerung. Mit entsprechenden Schwierigkeiten hatte man auch in Mesopotamien zu kämpfen[13], und im Alten Ägypten bewahrte das extrem trockene Klima die Vorräte zwar vor Schimmel, aber nicht vor Insekten und Nagetieren.

Heutzutage sind diese Probleme handhabbar geworden: Das Getreide wird mit Warmluftgebläsen getrocknet, mit Fungiziden und Insektiziden behandelt und in belüfteten und gekühlten Speichern gelagert. Aber alle diese Maßnahmen sind Errungenschaften der Industriegesellschaft, die in früheren Jahrhunderten nicht zur Verfügung standen. Man war jedoch nicht völlig hilflos, denn es gibt eine Methode, den Schädlingen die Lebensgrundlage Sauerstoff und Wärme zu entziehen:

Die Getreidelagerung unter Luftabschluß

Bei dieser noch heute angewandten Methode, die schon dem vorgeschichtlichen Menschen bekannt war, wird das Getreide in möglichst luftdichten, früher meist unterirdisch angelegten Speichern aufbewahrt: „Until the early nineteenth century, underground grain storage has been one of the main methods of long-term preservation for large bulks of grain, if not the main one, in most cereal growing societies"[14].

Erste Bedingung: Sauerstoffentzug

Diese empirisch entwickelte Lagermethode beruht ganz wesentlich auf dem Prinzip des Luftmangels im Speicherraum, der zu diesem Zweck möglichst vollständig mit Getreide gefüllt und dann verschlossen und abgedichtet wird. Durch Atmung und Stoffwechsel des Speicherguts und vor allem

---

und Stärke unter Aufnahme von Sauerstoff in Kohlendioxid und Wasser zerlegt: DLZ-Agrarmagazin 1995, 7.

[11] Gall 1835, 147; Sigaut 1980, 12.

[12] Columnella, De Re Rustica I,6,9-17; Varro, Res Rusticae I,57,1-3; Plinius, Naturalis Historiae XVIII, 301-308; Marcus Cato, De Agricultura XCII; Vitruv, De Architectura VI, VI, 4.

[13] Breckwoldt 1995-96, 64 ff.; Trümpelmann 1989, 67 ff.

[14] Sigaut 1980, 3.

der darin enthaltenen Insekten und Mikroorganismen wird Sauerstoff verbraucht und giftiges Kohlendioxid (sowie Wasser und Wärme) erzeugt[15]. Sofern keine neue Luft zugeführt wird, kommt der Prozeß nach einiger Zeit zum Stillstand; die Menge der lebenden erwachsenen Insekten wird auf ein Minimum reduziert[16]. Der Grund hierfür ist vornehmlich im Sauerstoffmangel, daneben aber auch in der mitunter hohen Konzentration des Kohlendioxids zu sehen[17]. Schimmelpilze können dagegen sogar noch bei Sauerstoffkonzentrationen von nur 0,2% gedeihen[18].

Aus naheliegenden Gründen wurden früher solche Speicher in der Regel in Gruben angelegt, denn so mußte man nur eine Seite, i.e. die Oberseite, abdichten. Ein tatsächlich hermetischer Verschluß ist allerdings so nur schwer zu bewerkstelligen und vor allem bei trockenem Getreide auch nicht wirklich notwendig, denn geringe Mengen von eindringendem Sauerstoff können von den im Speicher enthaltenen Mikroorganismen absorbiert werden. Luftdicht abgeschlossene oberirdische Speicher zu diesem Zweck waren selten[19] und sind erst nach der Entwicklung von gasdichten Baustoffen üblich geworden. Heute werden sie weltweit eingesetzt und spielen besonders bei der Lagerung von Futtergetreide eine große Rolle. Wie die bisher und im Folgenden zitierte Literatur zeigt, gibt es eine ausgedehnte Forschung auf diesem Gebiet, denn als wenig aufwendige und dennoch sichere Lagermethode spielt die Aufbewahrung der Vorräte unter Luftabschluß eine besondere Rolle – auch im Hinblick auf die Bedingungen in Ländern der Dritten Welt. Nicht zuletzt ist es auch die Unschädlichkeit für Mensch, Tier und Umwelt sowie die nicht zu erwartende Resistenz der Schädlinge, die diese Methode so attraktiv macht.

Zweite Bedingung: Kühle Lagerung

Die Temperatur im Speicher ist ein wesentlicher Faktor, da von ihr die Aktivität der Schädlinge abhängig ist. Die besten Lebensbedingungen so-

[15] Hyde 1958,154. 159

[16] Andere Entwicklungsstadien (Eier, Larven) können allerdings teilweise überleben; allgemein hierzu: Burrell 1980, 55 ff.

[17] Hyde – Burrell 1982, 466. Studien zur Wirkung von Sauerstoffentzug und Begasung (Durchspülung) des Speichers mit Kohlendioxid und Stickstoff auf Insekten, Pilze, Hefen und Mikroben beschreiben Bailey – Banks 1980, 101 ff.; Busta e.a. 1980, 121 ff. „Für Schadarthropoden toxische Effekte entstehen, wenn der Sauerstoff unter etwa 2 Volumen-% absinkt oder der Kohlenstoffdioxidgehalt über rund 40% liegt": Adler 1998, 277. Nach Hyde – Burrell 1982, 473 reichen 35% CO_2 zur Vernichtung der meisten Insekten aus.

[18] Hyde – Burrell 1982, 445.

[19] Z.B. bienenkorbförmige Speicherbauten in Ungarn: Fenton 1983, 577 f.

wohl für Insekten als auch für Pilze bieten Temperaturen von 25-40° C. Für Insekten gilt: „Die Vermehrungsaktivitäten lassen sich erst unter 15° C eindämmen. Sicher werden sämtliche bekannten Schädlinge mit Ausnahme der Milben unter 10° C außer Gefecht gesetzt"[20]. Die durch den Stoffwechsel von Schädlingen erzeugte Wärme ist beachtlich: Schon zwei ausgewachsene Kornkäfer pro 0,450 kg Getreide reichen zur Steigerung der Temperatur im Speichergut[21]. Außerdem sind aktive Insekten verantwortlich für Wärmeinseln im Speichergut, durch die es zu Feuchtigkeitswanderungen kommt; Kondenswasserbildung in kühleren Speicherbereichen ist die Folge, was zu vermehrter Schimmelbildung führen kann. Auch hier bietet die Aufbewahrung in unterirdischen Speichern Vorteile, allerdings erst bei längerer Lagerdauer, denn die Temperatur im versiegelten Speicher steigt zunächst aufgrund der vermehrten Aktivität der Schädlinge kurzfristig etwas an[22]. Erst nach dem Abklingen dieser Aktivitäten kann sich die Erdkühle auf die Temperatur im Getreide auswirken, was aber vor allem in Großsilos viele Wochen dauern kann; daher ist am Anfang die Abnahme des Sauerstoffgehalts für die Schädlingsbekämpfung wichtiger[23]. Ist das Getreide aber einmal im Ruhezustand und durch die unterirdische Lagerung heruntergekühlt, bleibt vor allem in den tieferen Bereichen des Speichers die Temperatur konstant niedrig, auch bei starken Schwankungen der Außentemperatur. Temperaturmessungen in einem unterirdischen Versuchsspeicher in England mit 60 t Fassungsvermögen haben gezeigt, daß im zweiten Lagerjahr die Temperatur in der Mitte des Speichers nur am Ende des Sommers kurzfristig über 15° C anstieg und ansonsten bis 9° C absank. Die Temperatur im Bereich des Speicherbodens pendelte sogar nur zwischen ca. 8 und 12° C[24]. Ein Versuch in Indien ergab, daß in Erdsilos mit ausgemauerten und verputzen Wänden die Temperaturen höher blieben als in einfachen Silogruben mit Erdwänden, durch die dauernd Kühle nachgeführt wurde[25]. Sehr wichtig ist in dieser Beziehung natürlich die Tiefe des Silos unter der Erdoberfläche. Sofern es der Untergrund erlaubte, hat man daher gern birnenförmige Silos bzw. solche mit engen, flaschenhalsförmigen Öffnungen angelegt[26]. Dies ist jedoch nur

[20] DLZ-Agrarmagazin 1995, 7; bei diesen Temperaturen werden die Schädlinge jedoch nicht abgetötet, lediglich ihre Fraß- und Vermehrungsaktivitäten „auf Eis gelegt" (ebenda 72).

[21] Gentry 1976, 2 f.

[22] Hyde – Burrell 1982, 460.

[23] Burrell 1980, 55 ff.

[24] Hyde – Burrell 1982, 451 Abb. 7. Auf 8-10° gekühltes Getreide ist mit 16-18% Feuchte praktisch über Jahre hinweg lagerfähig: DLZ-Agrarmagazin 1995, 70.

[25] Girish 1980,19.

[26] Abbildungsbeispiele: Kamel 1980, 30 (Jemen), 37 (Ägypten); Gall 1835, Taf. 1,1

in Fels oder einigermaßen festen Böden möglich; ansonsten kann die Öffnung nur wenig kleiner sein als der größte Durchmesser des Erdsilos, und die gewünschte Isolierung muß durch eine dicke Abdeckung der Silooberseite erzeugt werden.

Dritte Bedingung: Trockene Speicherräume

Getreide ist nie völlig trocken, und daher kann es im Speicher schnell zu Schimmelbefall kommen. Für moderne Großlagerung in offenen Speichern gilt eine Kornfeuchte von 13-14% als Maximum[27]. Bei der Lagerung in gasdichten Speichern ist dagegen eine höhere Kornfeuchte sogar von Vorteil, da dadurch anfänglich eine erhöhte mikrobiologische Aktivität und damit schnellerer Sauerstoffverbrauch und erhöhte Kohlendioxidproduktion gewährleistet sind; wenn die Feuchtigkeit über 16% liegt, gibt es auch noch eine anaerobe Kohlendioxidproduktion, die bis zu einem Gehalt von 95% der intergranularen Luft führen kann[28]. Die Aktivitäten der Schädlinge können so binnen weniger Tage zum Stillstand gebracht werden. Wenn jedoch wegen mangelhafter Abdichtung zuviel Sauerstoff in den Speicher eindringt, führen hohe Kornfeuchten langfristig dennoch durch Pilzwachstum zur Vernichtung des Vorrats: Bei einem Experiment auf der Butser-Versuchsfarm in England hat man Gerste mit 16% Feuchtigkeitsgehalt in kleinen unterirdischen Speichergruben (Tiefe 1 m, Durchmesser 0,66 m) eingelagert. Nach mehrmonatiger Lagerung war die Kornfeuchte auf 19-20% angestiegen, und trotz anaerober Bedingungen konnten sich Pilze und Bakterien doch vermehren[29].

Problematischer als die im Getreide enthaltene Feuchtigkeit ist jedoch bei unterirdischer Lagerung die von außen eindringende Nässe. Das Erdreich muß zwar eine gewisse Feuchtigkeit haben, um luftdicht zu sein, aber einsickerndes Wasser kann einen Vorrat schnell verderben, denn bei einer Kornfeuchte ab 20% (in stärkerem Umfang aber erst ab 30%) beginnt die Fermentation bzw. Milchsäuregärung[30]. Das Getreide ist dann zwar noch eine Zeit lang genießbar, vor allem auch als Futter einsetzbar, aber nicht oder nur schlecht zu mahlen und daher zum Brotbacken ungeeignet[31]. Auß-

(Idealtyp); Hyde – Daubney 1960, Abb. 1 (Malta); Adler 1998, Abb. 1 (trocken-warme Länder); Fenton 1983, Abb. 246 (Hidatsa Indianer), Abb. 250 (Ungarn); Pons Brun 1997, 121.

[27] DLZ-Agrarmagazin 1995, 7; Reynolds 1974, 119.

[28] Hyde – Burrell 1982, 456 ff. mit weiterer Literatur zum Thema Kornfeuchte.

[29] Reynolds 1974, 121 ff.

[30] DLZ-Agrarmagazin 1995, 67.

[31] Sigaut 1980, 10 f. Dieser Prozess wird mit „parboiling", also etwa halb kochen oder angaren, verglichen.

erdem würde je nach Sauerstoffzufuhr bald ein reges Schimmelwachstum einsetzen. Im übrigen führen hohe Kornfeuchten von 22% und mehr binnen weniger Monate zum völligen Verlust der Keimfähigkeit des Getreides[32].

In manchen Gegenden versuchte man der Erdfeuchte durch Ausmauerung oder Verputz der Wände entgegenzuwirken[33]. Auch das Ausbrennen der Gruben zur Trocknung bzw. Härtung der Wände ist belegt[34]. In der Regel isolierte man die Wände jedoch durch Auskleiden der Grube mit Stroh[35]. Vereinzelt kamen auch andere Materialien wie Rinde[36], Farnkraut[37], Korbgeflecht[38] oder ähnliche Stoffe zum Einsatz. Dadurch wurde eine Pufferschicht zwischen dem potentiell feuchten Erdreich und dem eingelagerten Getreide erzeugt, die eine zweifache Funktion erfüllt: Zum einen nimmt sie Feuchtigkeit auf und hält sie vom Getreide fern; und zum anderen entsteht in dieser feuchten und aufgrund größerer Zwischenräume auch sauerstoffhaltigen Umgebung ein günstiges Klima für Mikroorganismen, deren erhöhte Atmungsaktivität wiederum zur schnelleren Verringerung des im Speicher eingeschlossenen Sauerstoffs und zur Produktion von CO_2 beiträgt[39]. Bei Versuchen entstand in diesem Bereich außerdem eine ca. 2 cm dicke „Haut" von gesprossenem Getreide an den Wänden des Speichers, das ebenfalls durch Atmung Sauerstoff verbrauchte und gleichzeitig eine Art natürlichen Schutzmantel um den Grubeninhalt bildete[40].

Vor- und Nachteil der Methode

Der Vorteil, der zur weltweiten Nutzung von unterirdischen Speichern geführt hat, ist die Möglichkeit der Dauerlagerung durch natürliche Konser-

[32] Hyde – Burrell 1982, 462 ff.; ebenda Abb. 19 zeigt in einer Grafik den Verlust der Keimfähigkeit von Getreide unter Luftabschluß je nach Temperatur und Feuchtigkeitsgrad: Bei einer Temperatur von 15° verliert Getreide mit 22,5% Feuchtigkeit nach etwa 20 Wochen jede Keimfähigkeit, während es mit 12,6% Kornfeuchte nach 170 Wochen noch zu über 80% keimfähig ist. Bei Temperaturen von 25° ist dagegen bei 22,5% Kornfeuchte die Keimfähigkeit schon nach rund 6 Wochen erschöpft, und auch bei 12,6% Kornfeuchte nimmt sie bald ab und ist nach 170 Wochen auf dem Nullpunkt angekommen.

[33] z.B. Fenton 1983, 583 f.; Parrot 1834, 62 (frdl. Hinweis R.M. Czichon).

[34] Fenton 1983, 570. 578; tagelanges Ausbrennen von Gruben im ungarischen Lößboden bei Temperaturen von 600-800° führte zur völligen Verziegelung der Wände: ebenda 582 ff.

[35] Z.B. Fenton 1983, 577 (Rußland), 585 (Balkan); Girish 1980, 16 (Indien); Gall 1835, 149 f. (Frankreich); Hyde – Daubney 1960, 117 (Malta); Kamel 1980, 28 (Yemen).

[36] Fenton 1983, 583.

[37] Parrot a.O.

[38] Kamel 1980, 25; Bowen – Wood 1967, 5 ff.

[39] Briefl. Mitt. K. Münzing vom 16. 2. 1998; ebenso Hyde – Daubney 1960, 117.

[40] Reynolds 1974, 127; so auch Pons Brun 1997, 123.

vierung. Außerdem wußte man vielerorts wohl auch, daß Getreidemengen, die bereits von Schadinsekten befallen sind, durch die Einlagerung in Gruben mit entsprechender Abdichtung gerettet werden können. Bei entsprechenden Versuchen mit stark befallenem Getreide wurden die Schädlinge innerhalb von wenigen Wochen fast vollständig vernichtet[41].

Normalerweise, vor allem bei privatem Einsatz, ist die Lagerfrist für Getreide nicht sehr lang; meist geht es nur darum, Vorräte und Saatgetreide über den Winter zu bringen. Mit dieser Methode kann man Getreide jedoch auch über Jahre und sogar Jahrzehnte sicher aufbewahren, eine Möglichkeit, die in offenen Speichergebäuden ohne Belüftung zur Trocknung und Kühlung nicht gegeben ist. Eine Lagerdauer von zehn Jahren ist aus dem Jemen und aus Somalia überliefert[42], aus Argentinien 13 Jahre[43], und in Ungarn wurde nach 60 Jahren eine Grube geöffnet, in der sich genießbare Hirse befand[44]. Aus Rußland wird von Fällen berichtet, wo Bauern durch Zufall auf Speichergruben stießen, die einst von ihren Großvätern angelegt worden und dann in Vergessenheit geraten waren; das Getreide darin soll noch eßbar gewesen sein[45]. Der römische Schriftsteller Varro weiß von Brunnenschächten in Spanien, in denen Getreide 50 Jahre und Hirse über 100 Jahre aufgehoben wurden[46], und auch nach heutiger Expertenmeinung ist die Getreidelagerung über Jahrzehnte so möglich[47]. Bei entsprechend trockener und kühler Lagerung wird dabei auch die Keimfähigkeit des Getreides zumindest über die ersten Jahre hinweg nur wenig beeinträchtigt. Auch Theophrastus berichtet, daß Getreidesamen nach zwei bis drei Jahren Lagerung minderwertig und danach unfruchtbar wird. Vom Hörensagen weiß er aber, daß in Petra in Kappadokien gelagertes Getreide 40 Jahre keimfähig und 60-70 Jahre eßbar ist; er schreibt dies der Höhenlage und der ständigen Belüftung durch Winde zu[48]. Da solche Lagerzeiten in offenen Speichern nicht erreicht werden können, müßte es sich hierbei auch um Lagerung in luftdichten Silos handeln, falls die Information stimmt.

Der Nachteil dieser Lagermethode ist, daß der Speicher nicht einfach zwischendurch zur Entnahme von Teilmengen geöffnet werden kann. Das oben geschilderte komplexe Gleichgewicht von Sauerstoff(-mangel), Kohlen-

[41] Burrell 1980; Bailey – Banks 1980; Adler 1998.

[42] Kamel 1980, 26.29.

[43] Hyde 1958, 159: „Grain kept untouched in pits for 13 years has recently been uncovered and found to be completely acceptable commercially".

[44] Fenton 1983, 585.

[45] Fenton 1983, 578.

[46] Varro, Res Rusticae 1, 57, 2

[47] Frdl. Mittl. K. Münzing.

[48] Theophrastus, Historia Plantarum VIII,11,5.

dioxid, Feuchtigkeit und Temperatur ist labil und wird bei der Öffnung des Speichers zerstört. Sofort nehmen die biologischen Aktivitäten der Lagerschädlinge und Mikroben rasant zu, vor allem dann, wenn der Feuchtigkeitsgehalt im Getreide durch die unterirdische Lagerung angestiegen ist. Dies ist auch bei erneutem hermetischem Verschluß des Speichers nicht vermeidbar und führt zu hohen Verlusten an der Peripherie der eingelagerten Kornmenge. Einmal geöffnete unterirdische Speicher sollten daher möglichst bald vollständig entleert werden, da sonst vor allem massiver Schimmelbefall auftritt.

Der Vorzug des Großspeichers

Diese Methode zur Anlage von Dauerkonserven ist natürlich besonders für die Aufbewahrung von kommunalem Eigentum und für die Anlage von Notvorräten geeignet. Der Vorteil der Lagerung in großen Mengen ist leicht einsichtig und auch experimentell nachgewiesen: Mit zunehmender Größe der Grube werden die Verluste durch am Rand verrottendes Getreide geringer, weil sich das Verhältnis Volumen zu Wandfläche vergrößert[49]. Diverse Beispiele für eine Lagerung unter Luftabschluß in Großspeichern sind aus der jüngeren Vergangenheit bekannt: Speichergruben in Ungarn hatten im Durchschnitt einen Durchmesser von 2-3 m, aber es gab auch solche mit einem Durchmesser von 6-8 m und 4 m Tiefe, die der Gemeinschaft gehörten und zur Aufbewahrung von Steuern oder Strafen dienten[50]. In Somalia hatten private Getreidegruben ein Fassungsvermögen von ca. 5 t, Gruben von Händlern bis 250 t, und staatliche Großlager in unterirdischen Betonsilos oft mehr als 1000 t[51]. Im Sudan waren Großsilos von Händlern oder der Regierung boot- oder grabenförmig, 50-150 m lang, 11 m breit und 2,5 m tief und faßten etwa 700 t Getreide[52]. In Frankreich lagerte man um 1880 in luftdichten überirdischen Eisenspeichern 21.000 m^3 Futtergetreide für Trambahnpferde, und in Argentinien wurden nach dem Zweiten Weltkrieg 2,5 Mio. t Getreide in halbunterirdischen Betonsilos von jeweils 500 t Fassungsvermögen gelagert[53]. Ebenfalls bis zu 500 t Fassungsvermögen hatten die *fossae* genannten in den Felsboden geschlagenen Silos auf Malta[54].

[49] Hill – Lacey – Reynolds 1983, 169.
[50] Fenton 1983, 583 f.
[51] Kamel 1980, 29 ff.
[52] Kamel 1980, 33.
[53] Sigaut 1980, 13 Tab. 2; Hyde – Burrell 1982, 449.
[54] Hyde – Daubney 1960, 115 f.

Die Befunde in Ḫattuša

Auch die in der hethitischen Hauptstadt in den letzten Jahren identifizierten Speicher dienten der Lagerung in großem Maßstab. Sie liegen an zwei verschiedenen Stellen im Stadtgebiet (Abb. 1) und sind auch zu unterschiedlichen Zeiten eingerichtet worden.

1. Die Silogruben von Büyükkaya

Auf dem Bergrücken von Büyükkaya im Nordosten des Stadtgebietes sind bislang elf große, in Reihen angelegte und meist rechteckige Gruben identifiziert worden (Abb. 2). Daß es ursprünglich mehr gab, ist angesichts des Geländes zu vermuten, und aufgrund der Ergebnisse von geoelektrischen Messungen zumindest in einem Fall als sehr wahrscheinlich anzusehen[55]. Diese Gruben bilden zumeist die jüngsten hethitischen Befunde auf diesem Bergrücken, und auch die zugehörigen Keramikfunde lassen sich nach der vorläufigen Analyse ins entwickelte bis späte 13. Jh. v. Chr. einordnen.

Die Böden der Gruben sind in etwa horizontal und mit einem groben Kalk-Bruchsteinpflaster versehen. Die Erdwände sind dagegen ohne heute erkennbaren Schutz wie Ausmauerung oder Verputz. Die etwa quadratischen Gruben auf dem sog. Unteren Plateau, das eigentlich ein nach Norden geneigter Hang ist, messen zwischen 6 × 6 m und 9 × 9 m (Abb. 3). Sie sind mit Abständen von 2-3 m in einer, möglicherweise auch zwei Reihen angelegt und in ältere Siedlungsschichten eingetieft. Die groben Bodenpflaster sind gegliedert durch diagonal verlaufende Reihen aus besser gesetzten Steinen. Sie enden in der Mitte an einer meist mit Steinen ausgesetzten kleinen Grube von 0,8-1,2 m Durchmesser und 0,4-0,8 m Tiefe. Diese Zentralgruben dürften als Sickergruben zum schnellen Abführen von eindringendem Wasser gedient haben.

Auf dem Mittleren Plateau sind die Gruben größer – die größte vollständig freigelegte Grube Nr. 8 mißt etwa 12 × 18 m, und von der bereits 1952 angeschnittenen Grube Nr. 11 ist eine Kantenlänge von 15,2 m bekannt[56]. Das Sediment, das hier die Gruben umgibt, besteht zum großen Teil aus Füll-

[55] Die geophysikalische Prospektion durch eine Arbeitsgruppe unter Leitung von H. Stümpel (Universität Kiel, Institut für Geowissenschaften, Abteilung Geophysik) im Jahr 1998 ergab deutliche Hinweise auf eine weitere Silogrube zwischen Grube 1 und 3 auf dem Unteren Plateau. Westlich von Grube 6 gibt es keine weiteren derartigen Anlagen, da hier der Fels bis fast an die Oberfläche tritt. Auf dem Mittleren Plateau südwestlich von Grube 11 könnten dagegen weitere Gruben liegen; die Prospektion lieferte hier leider keine aussagekräftigen Ergebnisse.

[56] Bittel 1952, 50.

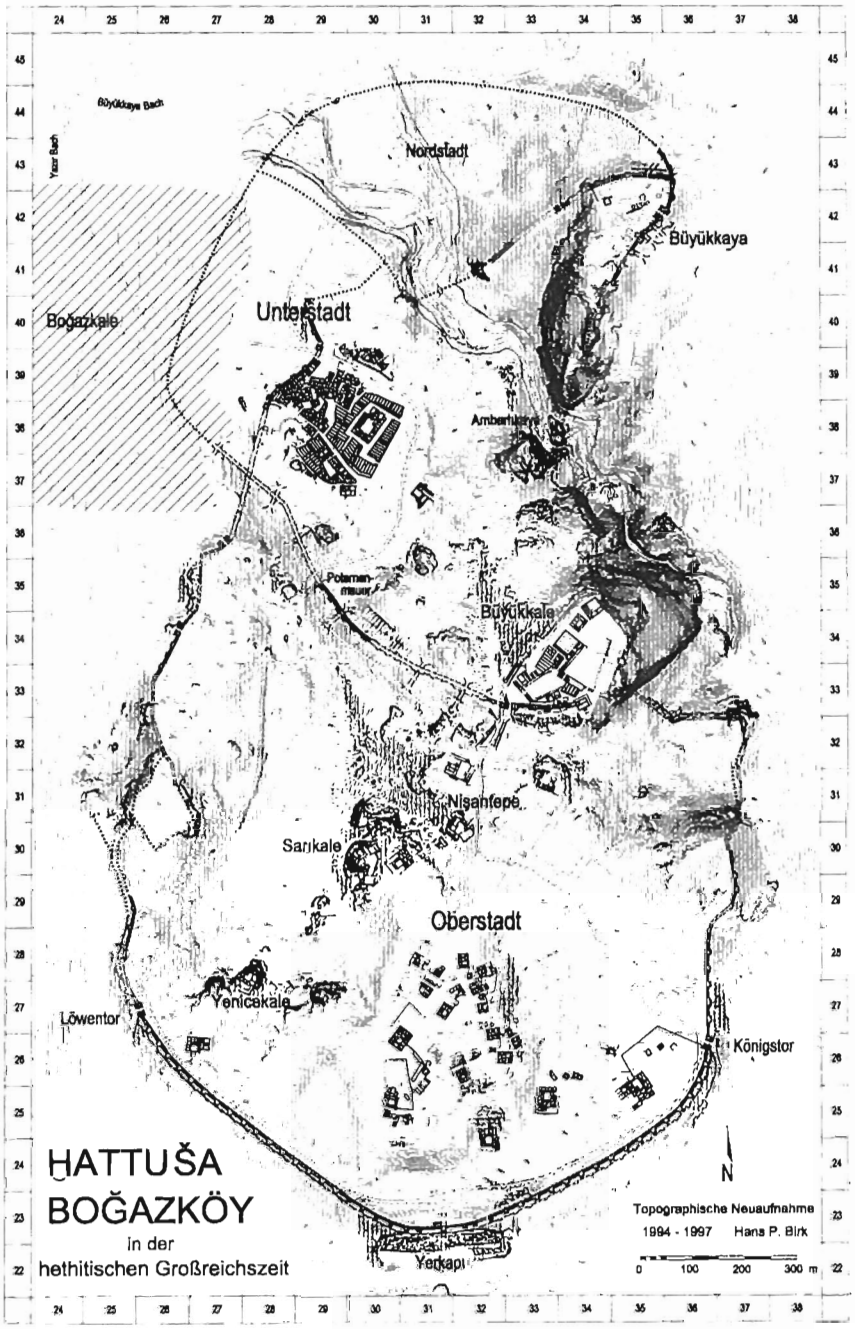

Abb. 1 – Ḫattuša-Boğazköy. Topographischer Plan.

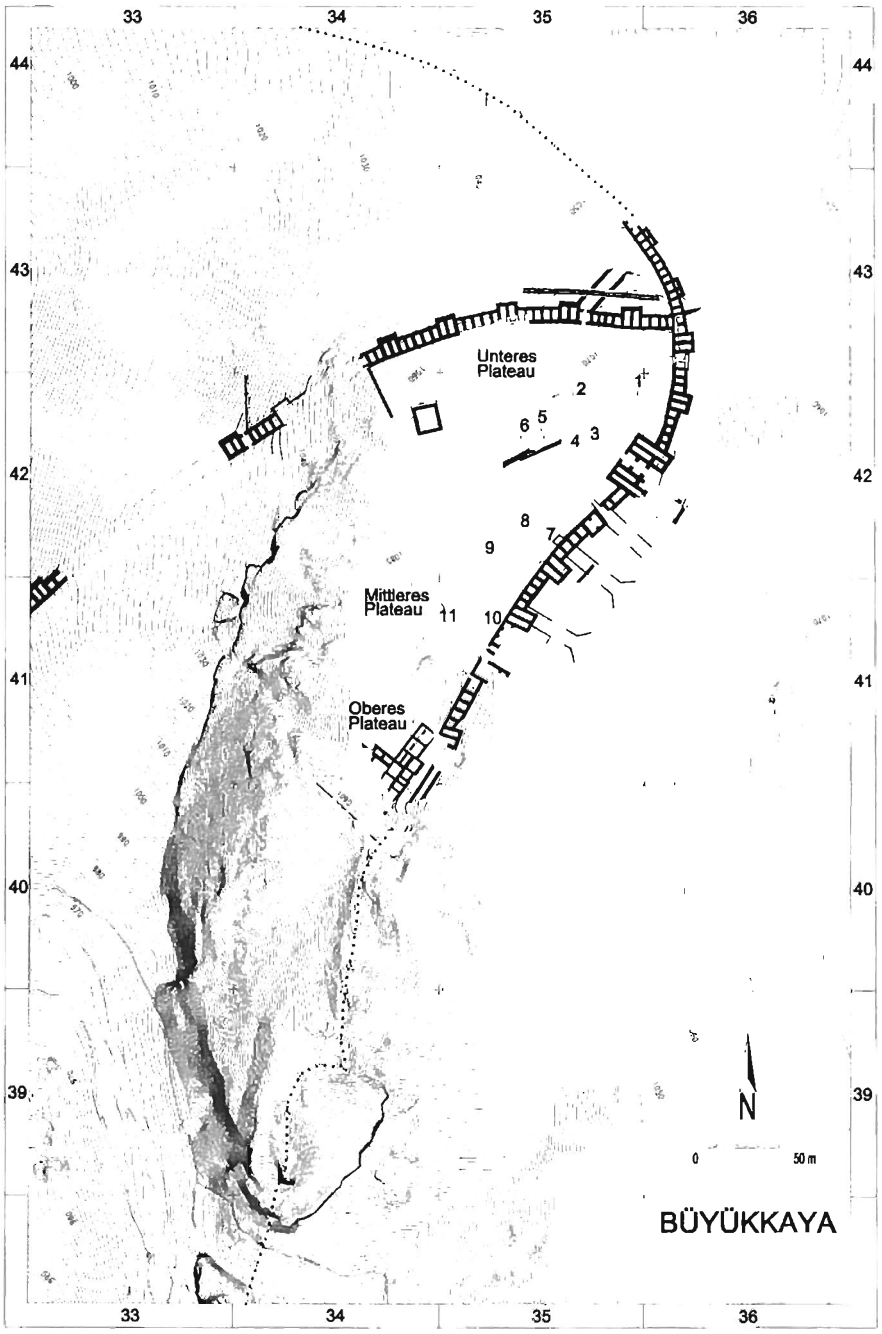

Abb. 2 – Ḫattuša-Boğazköy. Büyükkaya in der hethitischen Großreichszeit; die Zahlen bezeichnen die Speichergruben auf dem Unteren und Mittleren Plateau.

schichten aus einer sehr tonhaltigen Erde. Sie ist möglicherweise extra für die Anlage der Speicher im Zusammenhang mit dem Neubau der Befestigungsmauer im 13. Jh. v. Chr. hier angeschüttet worden. Dementsprechend gibt es weitere Konstruktionsunterschiede: Grube 8 und 9 sind nur durch eine 1,5 m dicke Lehmziegelmauer auf einem Bruchsteinsockel voneinander getrennt, sind also zusammen angelegt worden (Abb. 4). Auch die Südostseite von Grube 8 ist durch einen Bruchsteinsockel markiert, der allerdings keine Lehmziegelmauer trägt, sondern als „Stopkante" für die Erdanschüttung auf dem Plateau gedient hat. An der tiefsten Stelle des Bodenpflasters an der Südwestseite wurde im Sockel der Trennmauer eine Öffnung festgestellt (Abb. 4, Pfeil), durch die Wasser in einen Kanal unter der benachbarten Grube 9 abfließen konnte[57]. Auch dies zeigt, daß Grube 8 (und 9) und die sie umgebende Erdanschüttung als Einheit zu sehen sind, da der Wasserabfluß vor der Anschüttung fertiggestellt wurde[58].

Bei keiner der Gruben auf Büyükkaya sind Spuren des oberen Randes oder einer ehemaligen Abdeckung erhalten, da hier später eine ausgedehnte eisenzeitliche Siedlung alle Befunde überprägt hat. Bei Grube 3 ist auf der Hangseite eine Wandhöhe von 2,6 m nachgewiesen, und bei den Gruben 4, 5 und der großen Grube 8 sind die Wände noch bis zu einer Höhe von etwa 2 m erhalten. Es spricht jedoch nichts dagegen, daß zumindest die großen Gruben auf dem Mittleren Plateau noch um einiges tiefer waren.

Verschiedene Indizien und der Vergleich mit dem Silokomplex hinter der Poternenmauer (s.u.) belegen, daß diese Gruben als Silos für die Aufbewahrung von organischem Material, also wohl von Nahrungsmitteln, dienten; als einziges Nahrungsmittel, daß in hethitischer Zeit in diesem Umfang gelagert worden sein kann, kommt nur Getreide in Frage: Auf den Bodenpflastern lagen 1-10 cm dicke Schichten aus weichem und feinem, rötlich braunem, gelblichem und weißlichem Material organischen Ursprungs, die sich auch an den Grubenwänden hochzogen. Darin waren neben vereinzelten dünneren Ästen und Druschresten (Ährchenbasen) von Einkorn vor allem in großer Menge Halm – und Blattreste von Stroh erhalten[59]. An den

[57] Dieser Kanal führt aller Wahrscheinlichkeit nach zur benachbarten Poterne 1, die nach dem Neubau der Befestigungsmauer auf der Ostseite von Büyükkaya zum Entwässerungskanal umfunktioniert worden ist und in die von Südwesten her noch ein zweiter Kanal einmündet.

[58] Überlagert wird Grube 8 teilweise von Grube 7, deren Bodenpflaster 2 m höher liegt und die in die Verfüllung von Grube 8 einschneidet. Bei dieser Grube 7 gibt es wie bei den Gruben auf dem Unteren Plateau eine zentrale Sickergrube und diagonale Steinreihen im Bodenpflaster. Ebenfalls jünger dürfte die gleichartig ausgerichtete Grube 10 sein.

[59] Die Untersuchungen der botanischen Reste werden von R. Neef, Eurasien-Abteilung des DAI, durchgeführt.

Abb. 3 – Ḫattuša-Boğazköy. Bodenpflaster der Speichergruben 3-5 auf dem Unteren Plateau von Büyükkaya.

Abb. 4 – Ḫattuša-Boğazköy. Bodenpflaster der Speichergrube 8 auf dem Mittleren Plateau von Büyükkaya; der Pfeil kennzeichnet den Einlauf des Kanals in der Trennmauer zwischen Grube 8 und 9.

Wänden von Grube 4 waren Strohabdrücke sehr deutlich erkennbar. Die Gruben waren offensichtlich ehemals vollständig mit Stroh ausgekleidet.

Ein weiteres Indiz ist der Zustand der Bodenpflaster, deren Kalksteine mehrheitlich kreidig weiche zersetzte Oberflächen zeigten. Solche Zersetzungen können zwar auch auftreten, wenn Kalkstein mit Feuer in Berührung kommt, aber da alle Steine gleichmäßig angegriffen waren und weder Holzkohle und Asche zwischen den Pflastersteinen noch Brandverfärbungen an den Erdwänden feststellbar waren, scheidet diese Möglichkeit aus. Kalkstein wird aber auch durch Säuren angegriffen, und das paßt mit der Interpretation als Silo zusammen: Hefen und Bakterien können unter anaeroben Verhältnissen existieren und produzieren Milchsäure[60]. Besonders bei höherer Feuchtigkeit – und damit ist ja gerade hier am Grund der Gruben durchaus zu rechnen – kommt es wie schon erwähnt im Getreide in stärkerem Umfang zur Milchsäuregärung. Außerdem dürfte im Bereich der Strohschicht auch Buttersäure entstehen[61].

Daß das Problem hoher Feuchtigkeit bzw. Nässe am Boden der Gruben existierte, zeigen auch die genannten Vorrichtungen zur Entwässerung. Es ist zwar nicht damit zu rechnen, daß hier ständig Wasser in großem Umfang eindrang und abgeleitet werden mußte, denn es gibt kein Grundwasser auf dem Berg von Büyükkaya, und die Gruben liegen so, daß entweder wenig Niederschlagswasser anfiel (geringe Einlaufflächen auf dem Mittleren Plateau) oder aber wegen der Hanglage schnell abgeleitet werden konnte (Unteres Plateau). Nach schweren Regenfällen oder während der Schneeschmelze mögen aber doch gewisse Mengen Sickerwasser in die Gruben eingedrungen sein. Dieses Wasser wurde durch den das Getreide umgebenden schützenden Strohmantel aufgefangen und nach unten zum Siloboden geleitet, wo es dann über die Sickergrube bzw. den Kanaleinlaß abfließen konnte. Außerdem standen die Silos nach der Entleerung vielleicht längere Zeit leer und waren so der Witterung ausgesetzt. Die schnelle Ableitung von eindringendem Wasser war auch hier sinnvoll, um das Sediment unter den Siloböden möglichst trocken zu halten.

Bei der großen Silogrube 8 wurden deutliche Belege für mehrere Nutzungsstadien festgestellt. An verschiedenen Stellen gab es zwei bzw. drei Schichten mit organischem Material, die durch 10-30 cm dicke Erdschichten

[60] Hyde – Burrell 1982, 445.

[61] Buttersäure spielt eine wesentliche Rolle bei der Zersetzung von Laub und beim Verdauungsprozeß von Heu- und Strohnahrung bei Wiederkäuern, denn erst durch die Aktivität von Buttersäure-Bakterien, die unter anaeroben Bedingungen Cellulose in Zucker umwandlen, können die Tiere diese Nahrung zu 80% ausnutzen: Brockhaus Enzyklopädie Bd.6 (1968^{14}) 783.

voneinander getrennt waren. Dieser Befund, der auch am Silokomplex hinter der Poternenmauer beobachtet wurde (s.u.), ist sehr wahrscheinlich das Ergebnis der Bemühung, den Silo vor einer erneuten Nutzung zu „sterilisieren". Wie oben beschrieben, ist ja bei dieser Art der Lagerung nicht zu vermeiden, daß die isolierende Strohschicht und eine mehr oder weniger dicke äußere Schicht des Getreides massiv von Bakterien und Pilzen befallen werden. Stroh und Getreide verrotten, es bildet sich eine sauer (Sauerteig!) riechende schwarzbraune Masse, die für Mensch und Tier ungenießbar ist[62]. Bei der Entleerung des Silos wird man daher versuchen, zunächst das „saubere" Getreide separat zu bergen und erst später den verfaulten und übel riechenden Rest an Wänden und Boden herauszuräumen. Allerdings gelingt es kaum, den Siloraum wirklich zu säubern – selbst wenn optisch keine Rückstände mehr feststellbar sind, bleiben doch in großen Mengen Pilzsporen und Bakterien sowie auch Eier von Schadinsekten in den Ritzen des Bodens und der Wände zurück.

Mit verschiedenen Methoden hat man zu allen Zeiten versucht, dieses Problems Herr zu werden. Das Ausbrennen von Speichergruben wurde schon erwähnt, und auch Ausräuchern war eine verbreitete Maßnahme. Der Erfolg war jedoch oft mäßig. So hat man bei Experimenten festgestellt, daß das Ausbrennen nur anfänglich eine teilweise sterilisierende Wirkung hat; danach erreicht der Pilzbefall wieder „normale" Werte; es kann aber gegen Insektenbefall helfen und trocknet die Grubenwand[63]. Aus dem Jemen ist die Entfernung der inneren Grubenwandung zur Vermeidung der Schädigung des neuen Getreides durch Pilzsporen und sonstige Schädlinge des alten Getreides überliefert[64].

Am weitesten verbreitet war jedoch die Erneuerung des Verputzes der Grubenwand, mit dem man – wissentlich oder unwissentlich – die gefährlichen Überreste abdeckte und zumindest zum größten Teil unschädlich machte. Einen ähnlichen Weg ging man in Ḫattuša, indem man durch das Einbringen von Erdschichten die Reste von verrottetem Stroh und Getreide an den Wänden und auf dem Boden der Silos bedeckte und so eine neue, saubere Oberfläche schuf. Ob der sich dabei ergebende Volumenverlust im Silo als Nachteil geringer wog als der Verlust, der sich in zwar ausgeräumten, aber nicht „sterilen" Speicherräumen ergab, ist nur zu vermuten. Wahrscheinlich handelte man je nach Bedarf, wenn man nicht immer auf die vol-

[62] Bowen – Wood 1967, 10; außerdem entsteht Alkohol: „Indeed, the discovery of beer making and its attraction is relatively easy to understand once one has recovered grain from a flooded storage pit. The fumes alone are quite intoxicating": Reynolds 1974, 126.

[63] Hill – Lacey – Reynolds 1983,169 ff.

[64] Kamel 1980, 28.

len Speicherkapazitäten angewiesen war. In Anbetracht der bis heute erhaltenen dicken Schichten von verrottetem organischem Material wird klar, daß dabei teilweise beträchtliche Mengen von ungenießbar gewordenem Getreide und Stroh in den Gruben zurückgeblieben sein müssen. Dies zeigt auch ein Versuch in England, wo man den Boden einer 135 cm tiefen Silogrube vor der Einfüllung des Getreides mit 20 cm Strohhäcksel bedeckte; bei Öffnung der Grube nach nur einem halben Jahr Lagerzeit war diese Schicht auf 1,3 cm Dicke zusammengepreßt[65].

Damit sind die direkten Befundbelege für die Funktion der Großgruben auf Büyükkaya erschöpft. Es gab außer den Strohschichten und Getreidepollen keine weiteren Spuren vom eigentlichen ehemaligen Inhalt der Silos, und auch keine Hinweise für die Konstruktion der Abdeckung, aber die Interpretation als Getreidesilos stand angesichts der weiter oben angeführten ethnographischen Parallelen außer Zweifel (Abb. 5 zeigt einen Rekonstruk-

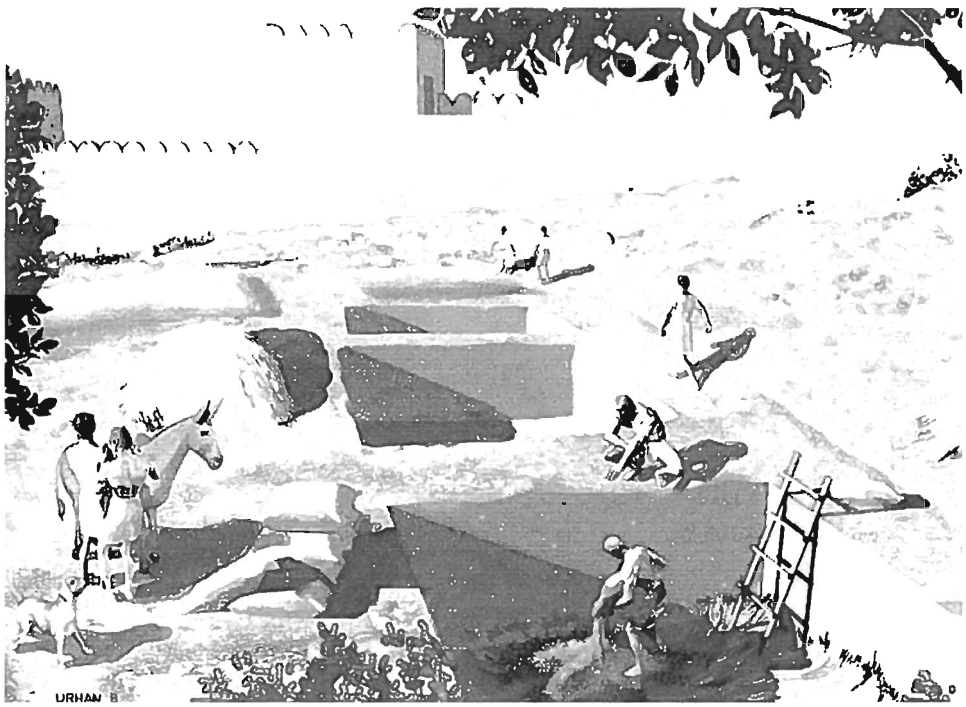

Abb. 5 – Ḫattuša-Boğazköy. Rekonstruktion der Erdspeicher auf dem Unteren Plateau von Büyükkaya.

[65] Bowen – Wood 1967, 8.

tionsversuch der Silos auf dem Unteren Plateau von Büyükkaya). Den endgültigen Beweis für die Richtigkeit lieferte dann 1999 die Entdeckung eines teilweise durch Feuer zerstörten unterirdischen Getreidesilokomplexes in der Unterstadt, in dem große Mengen verkohltes Getreide erhalten geblieben sind.

2. Der Silokomplex an der Poternenmauer

In der Unterstadt hinter der Poternenmauer liegt eine Senke, in der Anfang der sechziger Jahre die Überreste eines Großbaus teilweise freigelegt worden sind[66]. In den Jahren 1998-99 wurden hier erneut Grabungen durchgeführt, die den Nachweis erbrachten, daß es sich um eine Anlage zur Lagerung von Getreide handelt[67]. Da man beim Bau der Poternenmauer, also spätestens an der Wende vom 15. zum 14. Jh. v. Chr.[68], auf diesen Baukomplex Rücksicht genommen hat – hier wurde eine der ansonsten in etwa regelmäßigen Abständen angelegten Poternen ausgelassen – ergibt sich daraus ein *terminus ad quem* für die Entstehungszeit dieser Anlage. Sie wird überlagert von Schutt- und Füllschichten, die in die entwickelte, nicht jedoch in die späte bzw. späteste Großreichszeit datiert werden können.

Der Baukomplex hat eine rekonstruierbare Länge von rund 118 m und eine geländeabhängig schwankende Breite von 33-40 m (Abb. 6). Da der Komplex unterirdisch lag und die Böden der Kammern heute bis zu 7 m tief unter der Erdoberfläche liegen, ist die Gestalt und Ausdehnung über gezielt angelegte Grabungsschnitte ermittelt worden. Das Nordwest-Ende ist wegen der Hangerosion nicht erhalten[69], aber eine Fortsetzung in diese Richtung ist nicht wahrscheinlich, da dort der Ausgang einer unter der Stadtmauer hindurchführenden Poterne liegt. Im Südosten der Anlage ist die Endmauer zwar gefunden worden, aber durch den Druck des Hangs war sie sehr stark verkippt. Ihr Fundament verläuft außerhalb der Grenzen des Sondageschnitts von 1999; ihre Position ist daher im Plan rekonstruiert. Ebenso verkippt und verschoben war die in Planquadrat 311/344 angetroffene Nordost-Mauer; ihr genauer Verlauf muß durch weitere Grabungen noch geklärt werden. Mächtige Lehmpackungen und Abdichtungen aus Ton an den Außenseiten der Außenwände zeigen, daß der Bau zum großen Teil unterirdisch lag, eingebettet zwischen der Stadtmauer (= Poternenmauer) im Südwesten und einem felsigen Rücken im Nordosten.

---

[66] Schirmer 1969a, 37 f.

[67] Seeher 1999, 332 ff.; Seeher 2000, 356 ff.

[68] Neve 1996, 101; Neve 1994, 296. 317.

[69] Dieser Bereich ist durch Abraumhalden älterer Grabungen überprägt, wie in Abb. 6 zu erkennen.

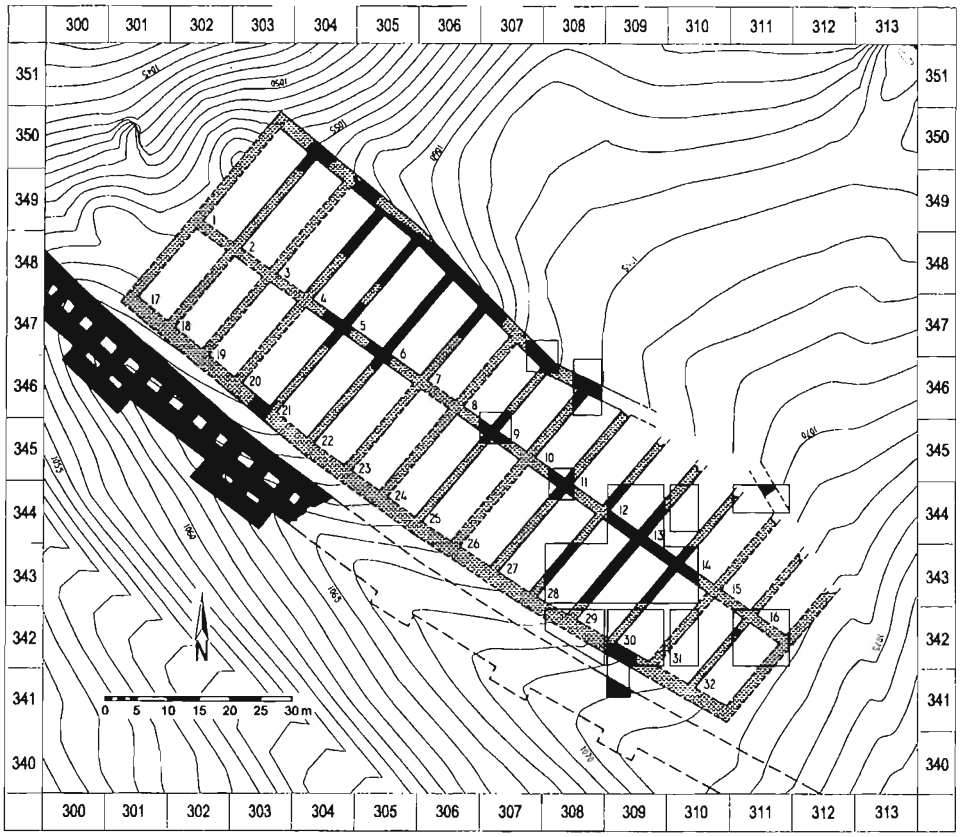

Abb. 6 – Ḫattuša-Boğazköy. Plan des Silo-Komplexes hinter der Poternenmauer am Nordwesthang.

Entlang einer Nordwest-Südost gerichteten Mittelachse sind in zwei Reihen nebeneinander je 16 Kammern angelegt worden. Sie sind jeweils rund 6 m breit und 13-16 m lang. Die 1,5 m dicken Lehmmauern stehen auf lehmverputzten Bruchsteinsockeln, die im gegrabenen Bereich bis zu 2,7 m Höhe erreichen, da die Kammern treppenförmig den Hang hinauf angelegt sind – der Höhenunterschied von einem Ende der Anlage zum anderen beträgt etwa 15 m. Vollständig erhaltene Lehmmauern sind nicht vorhanden, aber aus den gekippten Trümmern ließ sich z.B. für die Wand zwischen Kammer 29 und 30 eine minimale Höhe von etwa 4,5 m (über dem Boden in Kammer 29) bzw. 3,8 m (über dem Boden in Kammer 30) rekonstruieren.

Wie die Silogruben auf Büyükkaya sind die Kammern der Anlage mit einem Bodenpflaster aus Bruchsteinen ausgestattet (Abb. 7). Abflüsse oder Sickergruben konnten nicht nachgewiesen werden, aber zur schnellen Ableitung von eventuell eindringendem Wasser hat man hier eine andere Methode ersonnen: Die Bodenpflaster bestehen aus mehreren Steinlagen[70], die sogar heute noch vielfach ohne Erdfüllung sind; während der Freilegung fiel teilweise viel Erde wie durch ein Sieb nach unten und verschwand in den Zwischenräumen im Pflaster. Auf diese Weise war die Anlage auch sehr gut gegen von unten aufsteigende Feuchtigkeit geschützt, denn bei dieser Lage unterhalb eines steilen und hohen Hangs mußte mit Grund – und Sikkerwasser gerechnet werden.

Der Südostteil der Anlage mit zwölf Silokammern (11-16 und 27-32) ist durch Feuer vernichtet worden. Die Lehmwände sind vielfach vollständig durchgebrannt und rot verziegelt, da sehr viel organisches Baumaterial in ihnen enthalten gewesen ist (Abb. 8); teilweise sind in Abständen von 35-40 cm die Negative von horizontalen Lagen aus Holzbrettern bzw. Spaltbohlen und Zweigen oder Schilfhalmen zu erkennen. Es wurden jedoch keinerlei Hinweise auf eine echte Dachkonstruktion als Abdeckung der Silokammern, wie z.B. ein Lehmflachdach mit entsprechenden Balkeneinlagen, gefunden – im Brand wären genügend Spuren davon konserviert worden, wenn es so etwas gegeben hätte. Statt dessen hat man nach der Füllung der Speicherkammern ohne Zwischenraum direkt auf das Getreide eine 1-1,5 m mächtige Deckschicht aus lehmhaltiger Erde, teilweise mit Lehmziegeln kombiniert, aufgebracht. Diese Art der Abdeckung dürfte ebenfalls für die Silos von Büyükkaya verwendet worden sein, und man wird sicher auf Erfahrungen aus der Architektur zurückgegriffen haben. Genau wie die Lehmflachdächer der Häuser und Tempel müssen die Erdabdeckungen auf den Silos eine gewisse Feuchtigkeit gehabt haben, um nicht rissig zu werden. Eine Bedeckung mit dem hier überall vorkommenden *çorak*, einer stark tonhaltigen wasserdichten Lehmerde[71], wird es gegeben haben, und man kann sich auch zusätzliche leichte Holzdächer bzw. Holzbrettlagen vorstellen, die zum schnellen Ableiten von Regenwasser dienten. Schnee mußte weggekehrt werden, und Kanäle neben den Silos waren für die gezielte Ableitung des Oberflächenwassers unerläßlich.

Diese dicke Abdeckung diente aber vor allem auch der Isolierung des Speicherinhalts gegen Nässe und Luft, und durch sie wurde auch die Temperatur im Speicher positiv beeinflußt, indem die Erdkühle bewahrt und die Erwärmung durch Sonneneinstrahlung verhindert wurde. Auch im Hoch-

[70] In einer Sondage wurde eine Mächtigkeit von 0,8 m festgestellt.

[71] Boysan-Dietrich, 1987, 90.

Abb. 7 – Ḫattuša-Boğazköy, Silo-Komplex hinter der Poternenmauer. Bodenpflaster in Kammer 29; im Profil rechts und links verkohltes Getreide.

Abb. 8 – Ḫattuša Boğazköy, Silo-Komplex hinter der Poternenmauer: Sondage in Kammer 30 (vorn) und Kammer 29 mit umgestürzter Lehmziegelmauer.

sommer werden die Temperaturen in den Erdsilos in Ḫattuša relativ niedrig gewesen sein, wenn man sich die oben zitieren Versuchsmessungen in einem modernen Speicher in England vor Augen hält.

In den verbrannten Kammern wurden bis zu 1,2 m mächtige Schichten von verkohltem Getreide angetroffen (Abb. 9-10). Dicke weiße und gelbe Aschebänder auf den Bodenpflastern, an den Wänden und auch über dem Getreide, die fast vollständig aus den Kieselskeletten von Gräsern bestehen, zeigen, daß das Getreide ehemals in einen Mantel aus Strohschichten eingebettet war (auf Abb. 10 rechts und links gut zu erkennen). Daß das Getreide selbst nicht vollständig zu Asche verbrannt ist, liegt an der mangelhaften Sauerstoffzufuhr, die durch das Prinzip der Lagerung bedingt ist: Die dicke Abdeckung, die vor dem Kontakt mit Luft schützen sollte, hat auch beim Brand ihre Wirkung getan, und wegen des Sauerstoffmangels verkohlte das Getreide wie in einem Meiler bei niedrigen Temperaturen. Teilweise sind so auch die Halme der isolierenden Strohschicht gut erhalten geblieben.

Auf den ersten Blick scheint die Dicke der Wände von 1,5 m dafür zu sprechen, daß sie als Unterbau für einen ein- bis mehrgeschossigen Hochbau dienten. Diese Möglichkeit ist jedoch auszuschließen, da im Schutt der verbrannten Kammern keinerlei Reste einer Zwischendecke, von Mauern eines Obergeschosses, von dessen Inventar und von dessen Dach gefunden worden sind. Die kräftige Dimensionierung der Wände ist vielmehr durch die Kammertiefen von 4 m und mehr zu erklären, denn in Getreidesilos entstehen abhängig von der Füllhöhe hohe seitliche Drücke. G. Rickman geht davon aus, daß das Getreide 2/3 seines Gewichts als Seitendruck auf die Wände weitergibt[72]. Nach einer anderen Berechnung beträgt der Seitendruck bei einer Tiefe von 4 m rund 1000 kg pro m², also rund 1/3 des Gewichts, was mir realistischer erscheint[73]. Beide Angaben zeigen, daß solche Drücke mit „normalen" Lehmziegelwänden nicht abgefangen werden konnten. Bezeichnenderweise findet sich dieselbe Wandstärke auch bei der Lehm-Trennwand zwischen Silogrube 8 und 9 auf dem Mittleren Plateau von Büyükkaya (Abb. 4).

Nach den Ergebnissen unserer Sondagen dürften in den verbrannten Kammern der Speicheranlage hinter der Poternenmauer noch mehrere hun-

[72] Rickman 1971, 2.

[73] Für die Ermittlung dieses Wertes, bei denen von einem Getreidegewicht von 700 kg pro m³ ausgegangen wurde, sei H. Luley herzlich gedankt. Mit DIN 1055-6: Lastannahmen für Bauten; Lasten in Silozellen (1987) hat der Normausschuß Bauwesen im Deutschen Institut für Normung entsprechende Berechnungsgrundlagen erarbeitet, speziell für runde Silozellen.

Abb. 9 – Ḫattuša-Boğazköy, Silo-Komplex hinter der Poternenmauer: Sondage in Kammer 32; verkohltes Getreide im Profil rechts bis 1,2 m mächtig.

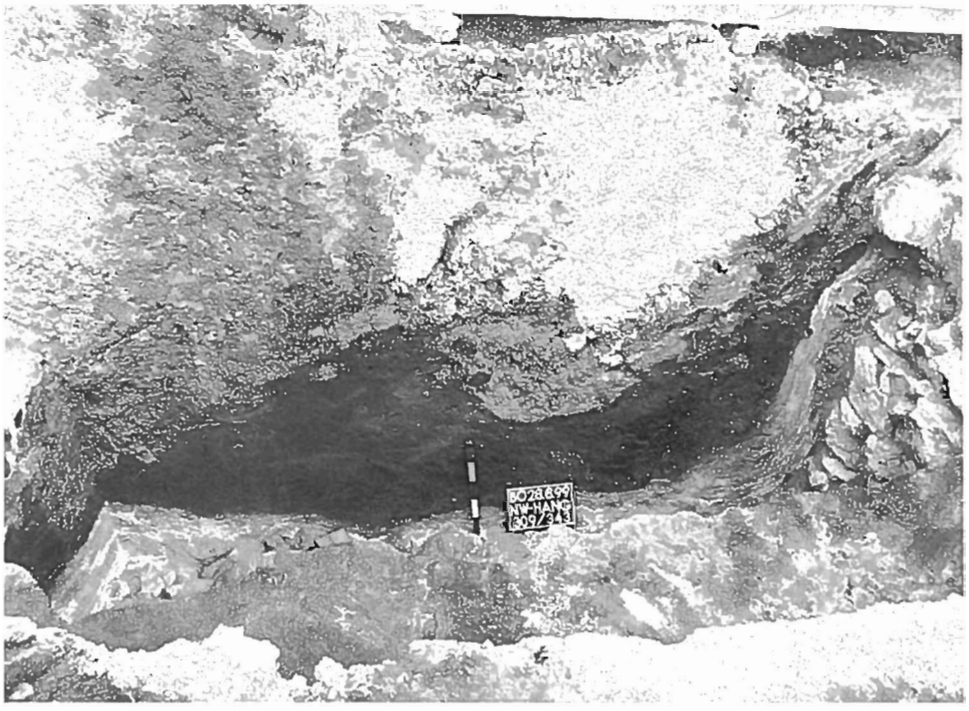

Abb. 10 – Ḫattuša-Boğazköy, Silo-Komplex hinter der Poternenmauer: Profil der Sondage in Kammer 29; rechts und links unter dem verkohlten Getreide Reste der Strohisolierung als weiße und graue Schichten erkennbar.

dert Tonnen verkohltes Getreide liegen. Von fünf beprobten Kammern mit Getreide enthielten vier Gerste und eine Einkorn-Weizen mit Gerste. Einstweilen offen bleiben muß die Frage, ob die Hethiter in diesem Komplex oder in anderen luftdichten unterirdischen Speichern auch noch andere Feldfrüchte aufbewahrt haben. Ethnographische Beispiele zeigen, daß dafür vor allem Hülsenfrüchte in Frage kommen: In Ägypten lagerte man so Bohnen[74] und in Indien Erbsen und Kichererbsen sowie außerdem noch Mais[75]. Bei den nordamerikanischen Hidatsa-Indianern wurden 2 m tiefe glockenförmige Gruben mit Gras ausgekleidet und dann mit Maiskolben „ausgemauert"; in die Mitte wurden Maiskolben und -körner sowie getrocknete Kürbisse eingefüllt[76].

Aber auch die unverbrannten Kammern des Silokomplexes waren aufschlußreich, da hier dieselben Spuren wie in den Erdsilos auf Büyükkaya feststellbar waren. Die Kalksteine der Bodenpflaster waren – wie auch in den verbrannten Kammern – kreidig weich zersetzt, und auf dem Boden und an den Wänden lagerten dicke Schichten von dunklem organischem Material, in dem vor allem Strohreste und daneben stark zersetzte Gerstenkörner, Samen von Ackerunkräutern und auch Chitinpanzer von Kornkäfern erhalten waren[77].

Diese organischen Schichten müssen ebenso wie diejenigen in den Gruben auf Büyükkaya vom „Bodensatz" der Silos stammen. In einer Sondage wurden in Kammer 21 sechs Schichten von bis zu 30 cm Dicke übereinander (Abb. 11; die fehlende sechste Schicht ist noch nicht freigelegt), und in Kammer 22 auf dem Boden eine einzelne Schicht von 80 cm Dicke festgestellt. Zwei der zwischengeschalteten Erdschichten in Kammer 21 sind mit 70 und 100 cm sehr mächtig, und besonders hier erhebt sich die Frage, ob sie nicht von der ehemaligen Erdabdeckung der Kammer stammen können. Man kann sich vorstellen, daß man zum Leeren der Kammern nicht die gesamte Erdabdeckung, sondern nur einen Teil an einer Seite entfernt und dann durch die so entstandene Öffnung das Getreide aus der Kammer „herausgekuhlt" hat. Das führte dazu, daß die Abdeckung, die ja nicht selbsttragend war, mit dem sinkenden Getreidespiegel absank und am Ende auf der unbrauchbaren Schicht aus verrottetem Getreide und Stroh am Grund der

[74] In Gruben von 3 m Tiefe und 2 m Durchmesser: Attia 1948, 106; ebenso Kamel 1980, 35.

[75] Girish 1980,16.

[76] Fenton 1983, 576.

[77] Mitt. R. Neef. Die Erhaltungsbedingungen für organisches Material waren hier deutlich besser als auf Büyükkaya.

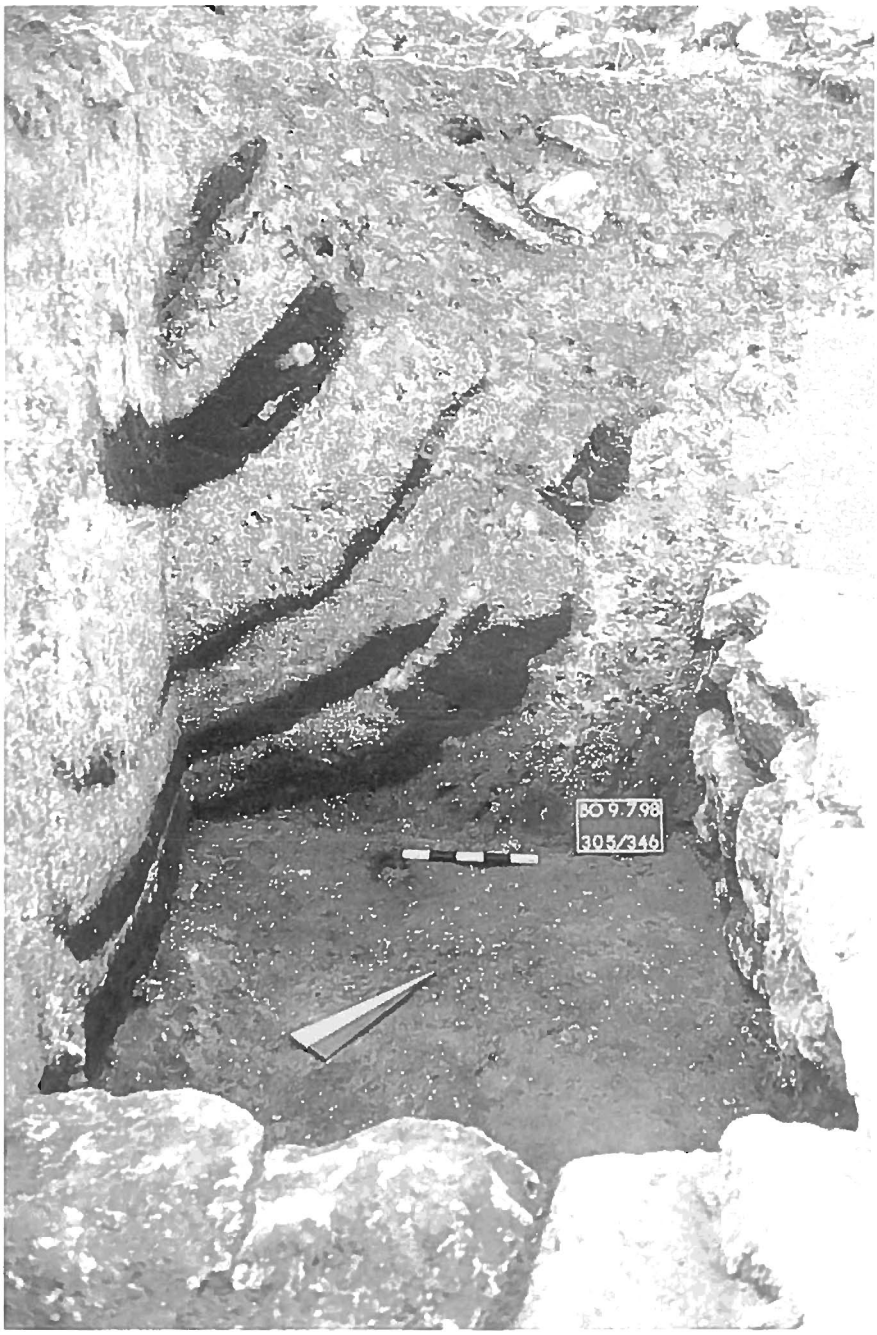

Abb. 11 – Ḫattuša-Boğazköy, Silo-Komplex hinter der Poternenmauer: Profil der Sondage in Kammer 21 mit dunklen Schichten aus organischem Material.

Kammer zu liegen kam und dann auch dort als Isolierschicht belassen wurde. Dadurch ließen sich auch die an den Wänden steil nach oben ziehenden organischen Schichten erklären.

In den verbrannten Silokammern im Südostteil des Komplexes wurden vergleichbare Erdschichten nicht beobachtet. Allerdings gab es dort – nicht überall und nicht einmal an jeder Wand einer Silokammer – nachträglich eingebaute Wandverblendungen, die aus ca. 25 cm breiten Lehmziegeln vor den eigentlichen Wänden errichtet wurden. Diese Verblendungen stehen nicht auf dem Bodenpflaster der Silokammern, sondern auf Erdschichten mit hohem Anteil an organischem Material. Sie sind also erst nach einer gewissen Nutzung eingebaut worden, und man kann darüber spekulieren, ob ihr Zweck ein ähnlicher, also die „Sterilisierung" der Wände war. Gleichzeitig mag das Fehlen von mehreren solchen Stadien in diesem Bereich des Silokomplexes darauf hinweisen, daß der Brand nur hier die Aktivitäten beendet hat, im unverbrannten Nordwestteil dagegen noch eine Zeitlang weiter Getreide gelagert wurde.

3. Mögliche andere Getreidelager

Im Laufe der vielhundertjährigen Siedlungsgeschichte von Ḫattuša gab es natürlich auch noch Getreidespeicher an anderen Stellen. Man kann davon ausgehen, daß es für kurzfristige Lagerung auch oberirdische Speicher gegeben hat. Vor allem während des Winters bis zur nächsten Aussaat war das Getreide durch die Kälte geschützt und konnte in Säcken und auch als Schüttgut in überdachten Räumlichkeiten gelagert werden. Ein archäologischer Nachweis ist bislang allerdings noch nicht gelungen und wohl auch nur über Reste in einem verbrannten Speicher möglich.

Daneben gibt es die Pithosmagazine in Ḫattuša. Hunderte von Pithoi standen in den Untergeschossen der Magazintrakte rund um Tempel 1[78], und auch im Südareal sind 110 Pithoi im Bereich der nordwestlichen Raumgruppen gezählt worden[79]. Die Frage, wer über die Pithoi im Tempel verfügen konnte, also ob sie in gleicher Weise genutzt werden konnten wie die Erdsilos, ist zwar nicht mit Textzeugnissen zu beantworten, aber da Tempelbesitz und Staatsbesitz nicht grundsätzlich getrennt waren[80], wird hier kein wesentlicher Unterschied bestanden haben. In den ebenerdigen, an die Abschnittsmauer angelehnten Magazinbauten nordwestlich des Großen Tem-

[78] Neve 1969a, 14 ff. nennt 68 Pithoi in den Nordwest-Magazinen, über 100 sowie weitere 20 bis 30 Pithoi in den West-Magazinen und eine unbestimmte Zahl von Pithoi in den Südwestmagazinen (Raum 66-70 „mit je zwei Reihen von Pithoi vollgestellt").

[79] Bittel – Neve 1970,11 ff.

[80] Klengel 1975, 199.

pels stieß T. Makridi auf eine Reihe von Pithoi in situ[81], und ein großreichszeitliches Magazin mit mindestens 7 Pithoi wurde auf der Westseite des Haus am Hang freigelegt[82]. Was nun in diesen Großgefäßen, deren größte in den Magazinen von Tempel 1 bis zu 1750 l Fassungsvermögen hatten, gelagert worden ist, ist mangels Befunden nicht klar. Hier können neben anderen Produkten wie Wein, Öl und eingelegten Früchten und Gemüse auch größere Mengen von trockenen Agrargütern wie Hülsenfrüchte und Getreide gelagert worden sein. Für die Lagerung über Wochen oder einige Monate waren die Großgefäße sicher geeignet. Längere Lagerzeiten konnten dagegen nur erreicht werden, wenn die Gefäße luftdicht verschlossen wurden, denn Pilze und Insekten(-eier) lauerten überall und sind wie oben geschildert bei ausreichender Temperatur und Sauerstoffzufuhr nicht unter Kontrolle zu halten. Unter diesem Aspekt sind auch die großen Pithosmagazine urartäischer Burgen und Siedlungen zu sehen. Falls sie mehr als nur kurzfristige Lager mit ständigem Wechsel waren, also z.B. Notvorräte für eventuelle Belagerungen, muß man die Pithoi mit luftdichten Verschlüssen versehen haben[83].

Daneben gibt es aber in Ḫattuša auch einige Überreste von möglichen weiteren unterirdischen Speichern, auf die hier kurz hingewiesen werden soll:

a. Außerhalb des Stadtgebiets, ca. 800 m nordöstlich von Büyükkaya, wurde 1967 ein nur wenig unter der Erdoberfläche gelegenes Steinpflaster angeschnitten. Es mißt mindestens 13 × 10 m, und an einer Kante sind die Randsteine leicht ansteigend[84]. Dies entspricht den direkt an den Seitenwänden leicht ansteigenden Rändern der Pflaster in den Gruben auf Büyükkaya. Gegen den Vergleich spricht die Größe der Steine des Pflasters (30-70 cm) und der Umstand, daß es sich weit außerhalb der bekannten Stadtmauern befindet. Dennoch ist nicht auszuschließen, daß hier zu irgendeinem Zeitpunkt eine solche Anlage, vielleicht im Zusammenhang mit einem größeren Gehöft, eingerichtet worden ist. Aufklärung kann nur eine erneute Freilegung mit genauer Beobachtung des Zustands der Pflastersteine und eventuell darauf erhaltener Reste von organischen Schichten bringen.

---

[81] Frdl. Mitt. P. Neve.

[82] Schirmer 1969a, 24 ff.

[83] Gleiches gilt natürlich auch für die Pithosmagazine des 2. Jahrtausends v. Chr. im ägäischen Raum, wie z.B. im Palast von Knossos, wo in den Westmagazinen über 400 Pithoi standen, in den wohl nicht nur Öl, sondern auch Getreide gelagert wurde: Graham 1969, 30.

[84] Schirmer 1969b, 66 Taf. 32c Beil. 15. Der Ausgräber vermutet einen „Zusammenhang mit Bewahrung oder Ableitung von Wasser". Die im Boden über dem Pflaster liegenden Scherben waren großreichszeitlich.

b. In der Unterstadt nordwestlich des Großen Tempels sind die Fundamente eines Bauwerks freigelegt worden, das formal mit dem Silokomplex an der Poternenmauer vergleichbar ist: Der Westflügel von Haus 13 mißt 27 × 18 m und enthält zwölf gleichartige langschmale Räume/Kammern in zwei Reihen nebeneinander[85]. Zwischen den Räumen gibt es keine Türöffnungen, und P. Neve interpretiert diese Struktur als Unterbau für eine Pfeiler – oder Säulenhalle[86]. Zur benachbarten Straße und der darunter verlaufenden Kanalisation ist dieses Bauwerk mit seitlichen Lehmanfüllungen abgedichtet; Fußböden wurden nicht beobachtet, sollen aber mindestens 1,5 m unter dem rekonstruierbaren Niveau der Straße gelegen haben[87]. Dies, sowie die mit 1,1-1,5 m besonders dicken Bruchsteinfundamente erinnern ebenfalls an den Silokomplex hinter der Poternenmauer, aber das Fehlen von Böden macht eine entsprechende Interpretation zur Spekulation. Das Bauwerk soll aus der älteren Großreichszeit stammen und bei der Anlage der nordwestlich davon gelegenen Abschnittsmauer in der jüngeren Großreichszeit aufgegeben worden sein.

c. Ein weiterer interessanter Baukomplex ist in Raumgruppe XIII im Südareal südwestlich des Großen Tempels aufgedeckt worden. Hier waren acht etwa 4 × 10 m messende Zellen (Raum 6-13) in zwei Reihen nebeneinander angelegt[88]. Der Ausgräber erwägt wieder eine Funktion als Fundament für eine Säulenhalle, aber er erwähnt auch, daß es zweifelhaft ist, ob über den Fundamenten jemals ein Aufbau bestanden hat[89]. Die Fundamentoberkante dieser Raumgruppe liegt 2 m tiefer als diejenige der südöstlich anschließenden Raumgruppe XII und 1 m tiefer als das Niveau des Innenhofes des Südareals. In einer Tiefsondage in Raum 6 wurde festgestellt, daß die Fundamente in 1,8 m Tiefe (d.h. knapp 3 m unter Hofniveau!) eine Dicke von 2 m erreichen. Auch hier ist eine Grabung zur Klärung der Funktion unumgänglich, aber der Hinweis auf die Möglichkeit, daß hier, inmitten von Magazinräumen mit Pithoi, auch ein Getreidesilo existiert haben könnte, sollte an dieser Stelle nicht fehlen.

Natürlich müssen Getreidesilos nicht immer in Form von Baukomplexen mit mehreren gleichartigen Räumen angelegt worden sein. Bei den beiden erwähnten Anlagen lassen außerdem die Tiefe der Räume/Kammern und die Stärke der Wände an diese Funktion denken. Daneben kann aber auch jeder einzelne „Raum" und jede „Grube", die irgendwo in die Erde ein-

[85] Neve 1975a, 98 ff.
[86] Neve 1978, 58.
[87] Neve 1975b, 45.
[88] Neve 1969b, 27.
[89] Bittel – Neve 1970, 11.

getieft sind, ursprünglich einmal als Silo gedient haben. Dabei gibt es für die Lage innerhalb der Stadt keine besonderen Prioritäten, außer daß eine gewisse Ferne vom Grundwasser empfehlenswert ist. Ein kommunaler Speicher kann durchaus mitten im Siedlungsgebiet liegen, weil er dadurch auch unter kommunaler Kontrolle ist[90].

d. Schließlich sind noch zwei Strukturen ganz anderer Art zu erwähnen: In der Königsburg auf Büyükkale gibt es im Felsen östlich des Oberen Burghofes zwei gemeißelte faßförmige Gruben von 1,8 resp. 1,9 m größtem Durchmesser und rund 3 m Tiefe[91]. Sie werden allgemein als Zisternen angesprochen, aber es fällt auf, daß sie genau auf der höchsten Stelle des Berges liegen. Auch P. Neve weist auf diesen Umstand hin und bemerkt, man sollte Zisternen eher „in den tiefer liegenden Regionen der Burg erwarten, um soviel Einlaufflächen wie möglich auszunutzen". Er schließt daraus, daß diese Gruben älter als der großreichszeitliche Palast, evtl. sogar vor-hethitisch sind und als Zisternen zu einer anderen Bauanlage gehörten (was allerdings am Fehlen der Einlaufflächen nichts ändert).

Ohne diese Argumentation widerlegen zu können, möchte ich zu bedenken geben, daß die Lage an höchster Stelle und im innersten Teil der Burganlage auch für eine Funktion als Getreidesilo sprechen könnte. Es scheint mir nicht ausgeschlossen, daß hier in diesen 7 bzw. 8 m³ fassenden Felsgruben ein (Not-)Vorrat für die Palastbewohner angelegt war. In diesem Fall ist die Lage an höchster Stelle sogar von Vorteil, denn hier gibt es praktisch kein Oberflächenwasser, das in die Gruben eindringen kann. Gegen Niederschlag würde ein kleines Dach reichen. Daß die Form von den anscheinend üblichen Rechtecksilos abweicht, mag mit den Bedingungen des Felsuntergrunds zusammenhängen[92]. Diese beiden Gruben könnten zusammen rund 9 t Getreide fassen, womit man 50 Menschen ein Jahr lang ernähren kann (zu den Berechnungsgrundlagen s.u.). Nicht auszuschließen ist aber auch eine Funktion als *karlık*, als königlicher Eiskeller, der im Winter mit Schnee gefüllt wurde und im Sommer lange Zeit kühlendes Eis lieferte[93].

---

[90] Fenton 1983, 582 berichtet von einem entsprechenden Fall in Ungarn.

[91] Neve 1982, 91 Abb. 37

[92] Wie die ethnographischen und archäologischen Vergleiche zeigen, sind runde Silogruben sowieso der Normalfall, da diese Form beim Graben praktisch von allein entsteht; außerdem haben runde Gruben bei gleichem Volumen eine kleinere Wandfläche als rechteckige Gruben, was dem Schutz des Inhalts zugute kommt.

[93] Früher wurde in allen Schneegebieten der Türkei Eis oder gepreßter Schnee, verpackt in isolierende Schichten aus Stroh, in Gruben und Höhlen aufgehoben: Imamoğlu 1992, 13. Es diente nicht nur als Kühlmittel, sondern wurde und wird auch als Speiseeis, u.U. versüßt mit Honig, Zucker oder Pekmez, genossen; für den Bedarf des osmanischen

Einige Beispiele unterirdischer Getreidesilos an anderen Fundorten

Diverse archäologische Vergleiche sind schon genannt worden. Mit flachen Flußkieseln gepflastert waren Silogruben im frühchalkolithischen Mersin[94]. Sie hatten einen glockenförmigem Querschnitt und waren meist rund mit Durchmessern von 1,5-2 m, aber auch rechteckige Gruben sind belegt. Auf den Steinpflastern gab es teilweise Tonschichten, die schwarz und braun verfärbt waren (von organischen Rückständen?). Die Frage, ob die oft als *bothroi* bezeichneten einfachen Erdgruben in frühbronzezeitlichen Siedlungen in Anatolien und in der Ägais Silogruben waren, ist vielfach diskutiert worden[95]. Sicher waren nicht alle Gruben für diesen Zweck eingerichtet; von Fall zu Fall sind Funktionen als Zisterne oder Sickergrube bzw. als Aschebehälter für die Überreste von Opfern nachweisbar. Unzutreffend ist jedoch die von T.F. Strasser formulierte Annahme[96], daß nur aufwendige, in den Fels geschlagene oder mit Ton ausgekleidete Gruben als Getreidesilos gedient haben können, einfache Erdgruben dagegen nicht, weil in ihnen Getreide nicht trocken zu halten sei. Ethnographische Beobachtungen – einige sind oben zitiert – widerlegen dies. In diesem Sinne kann man sich auch durchaus vorstellen, daß die *Koulouras* der minoischen Zeit – große ausgemauerte runde Gruben in Knossos (Dm. 5-6,7 m, Tiefe 3 m) und Phaistos (Dm. 4 m, Tiefe 2,3-2,8 m) – als kommunale Getreidedepots gedient haben[97].

In die Erde eingetiefte Silos aus der hethitischen Schicht II in Alaca Höyük können sowohl privat als auch kommunal genutzt worden sein: Quadratische, rechteckige und runde ausgemauerte 2,5-3 m breiten Gruben („grain-pits"), deren Böden und Wände mit einem Lehmverputz versehen waren[98]. Über die ehemalige Tiefe gibt es leider keine Aussage. In der frühbronzezeitlichen Siedlung Demircihüyük sind zahlreiche viereckige Erdspeicher mit Lehmziegelwänden freigelegt worden[99]. Sie waren bis zu 2,5 × 2,5 m groß und 0,8-2 m tief und lagen im großen Innenhof der kreisrunden Ansiedlung. Der Ausgräber schließt aus ihrer Lage, daß sie einzelnen Häusern zugeordnet waren; sicher ist jedoch, daß sie unter kommunaler Aufsicht lagen, unabhängig davon, wer über den Inhalt im einzelnen verfügen konnte.

Palasts in Istanbul gab es Eisgruben am Uludağ bei Bursa: Türk Ansiklopedisi Bd. XXI (1974) 343.

[94] Garstang 1953, 47 ff.

[95] Zusammengefaßt in Strasser 1999, 813 ff.

[96] Strasser 1999, 814 f.

[97] Strasser 1997, 73 ff. Der Autor verneint auch hier diese Funktion mit dem Hinweis auf den fehlenden Wandverputz, aber siehe die Antwort von P. Halstead ebenda 103 ff.

[98] Koşay – Akok 1973, 58 Taf. 10,1-2; 88.

[99] Korfmann 1983, 210 ff. mit zahlreichen Zitaten zu Speichergruben in Anatolien.

Deutlich größere Erdspeicher sind z.B. aus dem eisenzeitlichen Israel bekannt. O. Borowski nennt sie „silos" und unterscheidet sie von den allgegenwärtigen „grain-pits", die klein und für familiären Bedarf ausgelegt waren[100]. Das größte Exemplar ist ein mit zwei Treppen versehener ausgemauerter Rundsilo in Stratum III in Megiddo[101]; er maß oben 11 m und unten 7 m im Durchmesser und war mindestens 7 m tief, mit einem Fassungsvermögen von über 450 m². Setzungen von bis zu 2 m in der Verfüllung des Silos werden damit erklärt, daß eine gewisse Menge Strohhäcksel (chaff) darin belassen worden ist und sich später zersetzte – das erinnert an die organischen Schichten am Grund der Silos von Ḫattuša. Von der Konstruktion her ähnlich ist eine maximal etwa 14 m messende ovale Grube aus hethitischer Zeit in Kaman-Kalehöyük[102]. Sie war mindestens 4 m tief und hat ausgemauerte Wände und einen gepflasterten Boden, auf dem stellenweise Spuren von gebrannter Erde festgestellt wurden. Ohne hier eine gültige Aussage machen zu können möchte ich auf einen Fehler hinweisen, der uns zu Anfang bei der Beurteilung der Silos auf Büyükkaya unterlaufen ist: In Silogrube 8 gab es gelbe und rotbraune Schichten, die als Brandspuren interpretiert – und publiziert[103] – und erst später als Reste von unverbrannten zersetzten organischen Schichten erkannt worden sind.

Berechnungen zur Lagerkapazität der Silos

Bisher war noch nicht die Rede von den Lagerkapazitäten der bisher festgestellten unterirdischen Silos in Ḫattuša. Hier sind nur Mindestwerte zu nennen, da nur die Grundfläche der Speicher, nicht aber die ehemalige Tiefe bekannt ist. Wenn man die Tiefe von 2 m, die auf Büyükkaya nachgewiesen ist, zu Grunde legt, ergibt sich für eine durchschnittliche Grube auf dem Unteren Plateau mit einer Ausdehnung von 8 × 8 m ein Volumen von rund 128 m³, und für die große 12 × 18 m messende Grube 8 auf dem Mittleren Plateau rund 432 m³; bei einer Tiefe von 3 m lauten die Zahlen 192 m³ bzw. 648 m³. Das Fassungsvermögen des Silokomplexes hinter der Poternenmauer ist noch schwerer zu bestimmen, da Angaben über die Kammertiefe nur in wenigen Fällen vorliegen. Angesichts der Hanglage und der Einbindung in Felsformationen des Untergrunds muß man bei den einzelnen Kammern mit deutlich variierenden Tiefen rechnen. Nach dem Rekonstruktions-

[100] Borowski 1987, 72 ff.
[101] Lamon – Shipton 1939, 66 f.
[102] Omura 1997, 205 f.; Omura 1998, 40 f.
[103] Seeher 1996, 346.

plan (Abb. 6) beträgt die Grundfläche der 32 Kammern zusammen rund 2.800 m². Daraus läßt sich bei einer durchschnittlichen Füllhöhe von 2,5 m ein Volumen von 7.000 m³ und bei einer Füllhöhe von 3,5 m ein Volumen von 9.800 m³ errechnen.

Für die Ermittlung des Gewichts der hier gelagerten Getreidemengen ist die Frage, um welche Getreidesorten es sich handelte und ob sie gedroschen oder noch in der Ähre gelagert worden ist, wichtig. Früher wurde das Getreide gern gedroschen, aber in Spelzen gelagert, da die Spelzhüllen als zusätzlicher Schutz gegen Schadorganismen fungierten. Plinius berichtet explizit von Ährenlagerung in Silos unter Luftabschluß[104]. Nach Mitteilung von R. Neef sind in dem Silokomplex Spelzgerste und Spelzw eizen gelagert gewesen, bespelzt oder als Ährchen.

In der Literatur finden sich Angaben von 0,6 – 0,85 kg Gewicht für 1 l gedroschene Gerste[105]. Der über zwei Keilschrifttexte[106] für das alte Mesopotamien ermittelte Wert von 0,6 kg pro Liter trifft vielleicht am ehesten für die in Ḫattuša gelagerte Gerste zu und wird hier als Minimalwert zur Berechnung verwendet. Danach faßte eine durchschnittliche Grube auf dem Unteren Plateau von Büyükkaya 77 t, und die Grube 8 auf dem Mittleren Plateau 260 t Gerste (jeweils Füllhöhe 2 m); im Silokomplex hinter der Poternenmauer konnten bei Füllhöhen von 2,5-3,5 m 4.200-5.880 t Gerste gelagert werden.

Nun liegt es nahe, mit diesen Zahlen Überlegungen zu den erforderlichen Anbauflächen und zur Menge der Menschen, die mit diesen Vorräten ernährt werden konnten, anzustellen. Beide Rechnungen sind jedoch kaum mehr als Zahlenspielereien, denn die Silos wurden weder alle auf einmal gefüllt noch alle auf einmal geleert – im Laufe der Jahre wurden je nach Ernteertrag Überschüsse eingelagert oder Vorräte ausgeteilt. Außerdem ist der Getreideertrag von zahlreichen weiteren Faktoren abhängig: Getreidesorte, Saatzeit, Saattiefe und Saatmenge, die Bodenqualität und die vorher auf demselben Feld angebauten Frucht spielen eine Rolle, sowie hier in der zentralanatolischen Trockenlandwirtschaft natürlich ganz entscheidend das Klima, letzteres speziell wichtig für die Wasserzufuhr. Die folgenden Zahlen illustrieren dies: Mit modernen Getreidesorten lassen sich ohne Düngung durchschnittlich etwa 800 kg pro Hektar erzeugen[107]; in Kreta betrug der Er-

[104] Naturalis Historiae XVIII,306.

[105] 1 l = 0,6 kg: Butz – Schröder 1985, 180; 1 l = 0,705 kg: Gentry 1976, 25 und Kemp 1986, 132; 1 l = 0,765 kg: Ellison 1981, 38; 1 l = 0,79 kg: Hyde 1958, 159 Tab. 2; 1 l = 0,85 kg: Kühne 1999, 187 Anm. 21.

[106] Butz – Schröder 1985, 203.

[107] Butz – Schröder 1985, 178.

trag in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts jedoch nur etwa 140 kg Weizen pro Hektar[108], und in Makedonien, einem guten Weizengebiet, erzielte man im 18. Jahrhundert etwa 320 kg/ha[109]. Bei Versuchen des landwirtschaftlichen Forschungsinstituts in Ankara wurden 1929/30 verschiedene Weizenstämme hinter Wintererbsen und Wintergetreide angebaut, mit Erträgen zwischen 428 und 1007 kg/ha; hinter gut gepflegter Schwarzbrache wurden dagegen Erträge von 2160-3300 kg/ha erzielt[110]. Diese Zahlen zeigen deutlich, wie problematisch eine Modellrechnung für die Ermittlung von Anbauflächen ist. Will man dennoch einen Versuch wagen, so ist vielleicht der Wert von 400 kg/ha nicht allzu weit von der durchschnittlichen Realität in der hethitischen Großreichszeit entfernt – dann wären 650 ha (6,5 km²) ausreichend, um die oben erwähnten 260 t Getreide für Silogrube 8 auf Büyükkaya aufzubringen. Diese auf den ersten Blick vielleicht mäßige Fläche gewinnt an Größe, wenn man folgende Beobachtung aus Anatolien berücksichtigt: Getreideanbau geschah hier bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts meist durch Aussaat mit der Hand und Einpflügen mit dem Hakenpflug aus Holz; die Tagesleistung für diese Arbeit, die in hethitischer Zeit nicht anders ausgeführt wurde, lag bei nur gut einem *dönüm* (1/10 Hektar)[111]!

Die Grundlagen für die Berechnung des Ernährungspotentials der Silos sind zum Glück etwas genauer zu fassen: Als Tagesration Getreide pro Person legen Butz und Schröder den Wert von 500 g zu Grunde[112]; ergänzend muß natürlich noch andere Nahrung hinzukommen, vor allem für den Bedarf von Vitamin A und C. Aus mittelassyrischer Zeit sind Texte überliefert, die für einen Mann 840 cm³ und für eine Frau 560 cm³ Gerste pro Tag vorsehen[113]. Bei dem hier verwendeten Wert von 1 l Gerste = 0,6 kg entspricht dies 0,504 kg bzw. 0,336 kg. Die Organisation für Nahrung und Landwirtschaft der Vereinten Nationen geht von einer Tagesration von 1,33 l (= 3.000 kcal) für einen erwachsenen Mann und 1 l (= 2.700 kcal) für eine erwachsene Frau aus. R. Ellison stellt fest, daß diese Mengen für das alte Mesopotamien zu hoch sind und daß wegen der geringeren Körpergröße und des warmen Klimas ein Mann mit 1 l (2.700 cal) und eine Frau mit 0,83 l (2.160 cal) ausge-

[108] Warren 1997, 67 f.

[109] Butz – Schröder 1985, 167 f.

[110] Christiansen-Weniger 1970, 298.

[111] Christiansen-Weniger 1970, 341 f. Es ist nicht bekannt, ob die Hethiter die effektiveren und in Mesopotamien schon verwendeten Säpflüge, bei denen die Körner über einen Trichter direkt in die Pflugfurche geführt werden, gekannt haben: Christiansen-Weniger 1967.

[112] Butz – Schröder 1985, 202.

[113] Kühne 1999, 181.

kommen sein müßte[114]. Diese Mengenangaben entsprechen nach obigem Basiswert 600 bzw. 489 g und liegen über denen der Gersterationen-Texte aus Mesopotamien. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt eine tägliche Mindestmenge von 2.400 kcal (888 cm^3) für einen Mann und 2.000 kcal (740 cm^3) für eine Frau: Diese Werte entsprechen nach obiger Rechnung 533 bzw. 444 g und liegen nicht weit von den angenommenen 500 g pro Tag entfernt[115]. Wenn man also für ein Rechenbeispiel die 500 g pro Tag zu Grunde legt, so konnte man mit den oben ermittelten 260 t Gerste aus Speichergrube 8 auf dem Mittleren Plateau von Büyükkaya 1.420 Menschen ein Jahr lang ernähren. Für den Silokomplex an der Poternenmauer wurden 4.200-5.880 t errechnet – dies entspräche der Jahresration für 23.000-32.000 Menschen.

Natürlich wurde Gerste nicht nur gegessen. Mit ihr wurde Bier gebraut, das nicht nur zur Erbauung der Menschen, sondern auch wesentlich zu ihrer Ernährung beitrug. Im alten Mesopotamien war Bier neben Brot und Öl ein Grundnahrungsmittel, und Arbeiter erhielten täglich 2-3 l davon[116]. Für Ägypten ist ein Existenzminimum von 5 Broten und 2 Krügen Bier täglich überliefert[117]. Entsprechende hethitische Quellen scheinen zu fehlen, aber das dürfte am Charakter der Texte liegen[118]. Daneben diente Gerste als Futtermittel für Masttiere und in der Pferdehaltung[119]. In einem Experiment zur römischen Reiterei wurden als Gerste-Bedarf im Winter bei Ruhe 0,5 kg (plus 10 kg Heu) und im Sommer bei Arbeit 3 kg (plus Frischgrün von der Koppel) pro Tier festgestellt[120]. Der Bedarf für die hethitische Streitwagentruppe läßt sich zwar mangels verläßlicher Angaben zu deren Größe in den Keilschrifttexten nicht benennen, aber die Zahlen geben immerhin eine Vorstellung davon, mit welchen Futtermengen pro Gespann zu rechnen war.

Die Silos der Stadt Ḫattuša – eine Wertung

Die Empfehlungen für den Bau moderner unterirdischer Getreidesilos lesen sich wie eine Beschreibung der hethitischen Anlagen: „Careful siting of

[114] Ellison 1981, 38 f.

[115] Kühne 1999, 187 Tab. 2.

[116] Röllig 1992, 10. Zu hethitischen Quellen s. G. Steiner, „Getränke", RIA 3, 1957-71, 307 f.

[117] Lexikon der Ägyptologie Bd. I, 1975, 791.

[118] del Monte 1995, 211 ff.

[119] Kammenhuber 1961, 311 ff.

[120] Junkelmann 1991, 111. Bei den „Versuchstieren" handelte es sich nicht um moderne Hochleistungspferde mit entsprechendem Appetit, sondern um kleinrassige Tiere, die den hethitischen Pferden etwa vergleichbar sein dürften.

the pits is essential, to prevent entry of soil water", „the site should prefereably be on a slight slope, to avoid flooding during heavy rain", „if a pit is long and narrow, it is sometimes desirable to divide it into compartments, by vertical partitions, to make more manageable units" und „covering the roof with soil insulates it from solar heat"[121]. Die Erdsilos auf Büyükkaya unterscheiden sich zwar auf den ersten Blick von dem vielräumigen Silokomplex hinter der Poternenmauer, aber die Gemeinsamkeiten sind nicht zu übersehen: Sie liegen in Reihen, und bei den Silos auf dem Mittleren Plateau sind auch Architekturelemente – Fundamentsockel und Lehmmauer – zum Einsatz gekommen. Außerdem sind die groben Bodenpflaster und die dicken organischen Ablagerungen auf Boden und Wänden identisch. Damit zeigt sich, daß die Getreidelagerung in unterirdischen Großsilos auf Büyükkaya keine ad hoc-Maßnahme war, wie anfänglich vermutet wurde. Es handelt sich dabei vielmehr um eine Standardmethode, die bei den Hethitern lange bekannt und gepflegt wurde.

Die Dimension der Lagerwirtschaft, die hier betrieben wurde, ist trotz aller Unsicherheitsfaktoren in der Berechnung der Kapazitäten gewaltig, und nur als kommunale bzw. staatliche Vorratshaltung zu erklären. Angesichts der vorhandenen Voraussetzungen darf man davon ausgehen, daß Getreide jahrelang in solchen Silos aufgehoben wurde; ob auch über Jahrzehnte, wie es theoretisch möglich wäre, entzieht sich unserer Kenntnis. Leider gibt es in den Keilschriftexten kaum Überlieferungen zu dem Themenkomplex der Getreidelagerung. J. Siegelová bemerkt dazu in ihrer Arbeit zu den hethitischen Wirtschaftstexten „Nicht erfaßt durch die hier vorgelegten Dokumente bleiben die sicherlich beträchtlichen Lieferungen von Nahrungsmitteln, die die Gemeinden gleichfalls zu entrichten hatten. Sie wurden offenbar auf andere Weise geregelt und hatten den zentralen Rechnungshof nicht passiert, oder kaum berührt."[122].

Immerhin ist der Name der unterirdischen Speicher bekannt: H. Hoffner hat in seiner umfassenden Arbeit zur Landwirtschaft und Ernährung der Hethiter die Getreidespeicher nach den Erwähnungen in den Keilschrifttexten beschrieben. Diese mit dem Sumerogram ÉSAG (früher ARÀH) bezeichneten Strukturen sind keine „Gebäude"; sie werden als „tief" und als „in die Erde gegraben" bezeichnet, und man tut etwas „nach unten hinein" und holt etwas „von unten heraus"[123]. Zweifellos sind damit solche Einrichtungen wie die Silogruben auf Büyükkaya gemeint. Ob auch der Silokomplex hinter der Poternenmauer so bezeichnet wurde ist unklar; man könnte ihn als eine Rei-

[121] Hyde – Burrell 1982, 451 f.
[122] Siegelová 1986, 558.
[123] Hoffner 1974, 34 ff.

he von unterirdischen Grubenkammern aufgefaßt haben, aber angesichts der hier verwendeten Architekturelemente könnte er auch als É, also als Haus oder Gebäude, gegolten haben. Es ist z.B. nicht auszuschließen, daß dies eines der „Vorratshäuser" war, die in der Hauptstadt lagen und die vom König während des KI.LAM Festes aufgesucht wurden[124]. Auch mit den „Siegelhäusern" des Königs, die z.B. im Telipinu-Erlaß für zahlreiche andere Städte des Reiches genannt werden[125], könnten vergleichbare Anlagen gemeint sein, denn es gibt keinen Grund für die Annahme, daß die Getreidelagerung in Großsilos auf die Hauptstadt beschränkt war.

Wie nötig solche Dauerlager waren, zeigen die Erwähnungen von Mißernten und Hungersnöten in den hethitischen Texten[126]. Teilweise war die Lage so prekär, daß auch Getreidelieferungen aus Ägypten notwendig waren[127]. Solche Ferntransporte dürften allerdings nicht viel mehr als ein Tropfen auf den heißen Stein gewesen sein; als Dauerlösung kamen sie in dieser Zeit aus verschiedenen Gründen nicht in Frage. Der hethitische König mußte darauf bedacht sein, durch geschickte Verwaltung und Verteilung der Vorräte Untertanen und Vasallen zufrieden zu stellen. Ein großer Vorrat an Grundnahrungsmitteln stärkte ihm den Rücken – je mehr davon gebunkert war, um so weniger war seine Macht durch Mißernten zu erschüttern, und je eher konnte er sich auch auf riskante Kriegszüge einlassen, die u.U. mit dem Verlust eines Teils der Ernte (durch Arbeitsausfall auf den Feldern oder durch Raub oder Zerstörung der Ernte durch Feinde) enden konnten. Diese Rückendeckung boten u.a. die Getreidesilos in Ḫattuša.

Der Silokomplex hinter der Poternenmauer ist spätestens Ende 15./ Anfang 14. Jh. v. Chr. planmäßig errichtet worden. Ältere Getreidesilos sind in Ḫattuša bislang nicht bekannt, sind aber im Gelände der Unterstadt zu vermuten. Der Komplex wurde später durch Feuer teilweise zerstört[128] und wohl in der ersten Hälfte des 13. Jh. v. Chr. aufgegeben. Aus chronologischer Sicht erscheint es möglich, daß er direkt ersetzt wurde durch die großen Silos auf dem Mittleren Plateau von Büyükkaya, die dort ebenfalls planmäßig zusammen mit einer neuen Befestigungsmauer entstanden. Ob die Silos auf dem Unteren Plateau von Büyükkaya, die einfach in ältere Siedlungsschichten eingetieft sind, gleichzeitig oder erst später, möglicherweise sogar sukzessive und je

[124] Singer 1983, 62 f.

[125] Hoffmann 1984, 41 ff.

[126] Klengel 1974, 165 ff.

[127] Singer 1999, 715 ff.; Klengel 1974, 167 f.

[128] Eine zur Zeit in Arbeit befindliche Serie von Radiokarbonmessungen wird hoffentlich eine genauere Angabe zum Zeitpunkt des Brandes liefern.

nach Bedarf, eingerichtet worden sind, läßt sich nicht sicher sagen. Jedenfalls bot die neue Befestigungsmauer, die den Bergrücken spätestens seit der Mitte des 13. Jh. v. Chr. auf allen Seiten umgab, genug Schutz, um hier große Getreidevorräte sicher lagern zu können – offensichtlich bestand ein entsprechendes Bedürfnis schon zur Zeit von Hattušili III./Tudhaliya IV., wenn die angenommene Datierung für den Neubau der Befestigung korrekt ist.

In der Endphase, also wohl kurz vor 1200 v. Chr., wurden die Schutzmaßnahmen auf Büyükkaya verstärkt, indem man Vormauern baute und zumindest das Nordtor, möglicherweise aber auch das Osttor blockierte[129]. Trifft letzteres zu, dann war der Bergrücken nur noch von der Westseite über einen steilen Weg von der Unterstadt herauf zu erreichen. Zu diesem Zeitpunkt waren einige der Silogruben schon nicht mehr in Betrieb. So sind z.B. die großen Gruben auf dem Mittleren Plateau zumindest teilweise verschüttet gewesen, denn die kleinere Grube 7 (und vielleicht auch Grube 10) sind in diese Füllschichten eingeschnitten. Und auf dem Unteren Plateau war zumindest Grube 5 schon verfallen, denn in der Verfüllung wurden spätgroßreichszeitliche Architekturreste angetroffen.

Diese Verringerung der Lagerkapazität kann viele Gründe haben, aber da sie zeitlich der Aufgabe der Stadt[130] nur wenig vorangeht, dürfte sie letztlich Ausdruck der Auflösung der Staatswirtschaft in Ḫattuša sein – Dezentralisierung der Vorratsanlagen, vielleicht auch Verlagerung in andere Städte; mangelnder Vorratsbedarf wegen Abnahme der Einwohnerzahl; und ausbleibende Ernten wegen Reduktion der angebauten Flächen. In der Stadt gab es aller Wahrscheinlichkeit nach am Ende auch keine Nahrungsmittelvorräte mehr, für die es sich gelohnt hätte zu kämpfen.

Jürgen Seeher
Deutsches Archäologisches Institut
Abteilung Istanbul
Ayazpaşa Camii sok. 48
TR – 80090 Istanbul

LITERATUR

Adler, C. 1998: Vorratsschutz mit Stickstoff und Kohlenstoffdioxid, in: Reichmuth, C. (Hrsg.) 100 Jahre Pflanzenschutzforschung, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft Heft 342, 277-293.

Attia, R. 1948: Typical methods of handling and storing grain in Egypt, in: United Na-

[129] Seeher 1998, 230 f.

[130] Zur Annahme, daß Ḫattuša nicht angegriffen und zerstört, sondern aufgegeben worden ist, ausführlich: Seeher (im Druck).

tions Food and Agricultural Organization Rome (Hrsg.), Agricultural Studies 2, 105-109.
Bailey, S.W. – Banks, H.J. 1980: A review of recent studies on the effects of controlled atmospheres on stored product pests, in: Shejbal 1980, 101-118.
Bittel, K. 1952: Büyükkaya, MDOG 86, 48-55.
Bittel, K. – Neve, P. 1970: Vorläufiger Bericht über die Ausgrabung in Boğazköy im Jahre 1969, MDOG 102, 5-26.
Borowski, O. 1987: Agriculture in Iron Age Israel.
Bowen, H.C. – Wood, P.D. 1967: Experimental storage of corn underground and its implications for Iron Age settlements. Bulletin of the Institute of Archaeology, University of London 7, 1-14.
Boysan-Dietrich, N. 1987: Das hethitische Lehmhaus aus der Sicht der Keilschriftquellen.
Breckwoldt, T. 1995-96: Mangement of Grain Storage in Old Babylonian Larsa, in: Archiv für Orientforschung XLII/XLIII, 64-88.
Burrell, N.J. 1980: Effect of airtight storage on insect pests of stored products, in: Shejbal 1980, 55-62.
Busta, F.F. e.a. 1980: Microbiology of controlled atmosphere storage of grains – an overview, in: Shejbal 1980, 121-132.
Buttler, W. 1934: Gruben und Grubenwohnungen in Südosteuropa. Bonner Jahrbücher 139, 134-144.
Butz, K. – Schröder, P. 1985: Zu Getreideerträgen in Mesopotamien und dem Mittelmeergebiet. Baghdader Mitteilungen 16, 165-209.
Christensen, C.M. (ed.) 1982³: Storage of Cereal Grains and Their Products.
Christiansen-Weniger, F. 1967: Die anatolischen Säpflüge und ihre Vorgänger im Zweistromland, Archäologischer Anzeiger, 151-162.
Christiansen-Weniger, F. 1970: Ackerbauformen im Mittelmeerraum und Nahen Osten dargestellt am Beispiel der Türkei.
de Lima, C.P.F. 1980: Field experience with hermetic storage of grain in Eastern Africa with emphasis on structures intended for famine reserves, in: Shejbal 1980, 39-53.
del Monte, G.F. 1995: Bier und Wein bei den Hethitern, in: Th. P.J. van den Hout – J. de Roos (Hrsg.) Studio Historiae Ardens. Festschrift Ph. H.J. Houwink ten Cate, 211-224.
DLZ Agrarmagazin 1995²: Sonderheft 2, Lagern von Getreide.
Ellison, R. 1981: Diet in Mesopotamia: the evidence of the barley ration texts (c. 3000-1400 B.C.). Iraq XLIII, 35-45.
A. Fenton, A. 1983: Grain storage in pits: experiment and fact, in: O'Connor, A. – Stevenson, R.B. – Clarke D.V. (Hrsg.), From the stone age to the 'Forty-Five, 567-588.
Gall, L. 1835: Was könnte helfen? Immerwährende Getreidelagerung (Nachdruck 1974).
Garstang, J. 1953: Prehistoric Mersin. Yümük Tepe in Southern Turkey.
Gentry, A.P. 1976: Roman military stone-built granaries in Britain. BAR 32.
Girish, G.K. 1980: Studies on the preservation of foodgrains under natural airtight storage, in: Shejbal 1980, 15-23.

Graham, J.W. 1969: The Palaces of Crete.
Hill, R.A. – Lacey, L. – Reynolds, P.J. 1983: Storage of barley grain in Iron Age type underground pits. Journal of Stored Products Research 19 No 4, 163-171.
Hoffmann, I. 1984: Der Erlaß Telipinus.
Hoffner, H.A., 1974: Alimenta Hethaeorum.
Hyde, M.B. 1958: Underground storage of grain and its effects on grain quality, in: Getreidequalität, Trocknung und Lagerung, Berichte der 2. Getreidetagung Detmold, 153-163.
Hyde, M.B. – Burrell, N.J. 1982[3]: Controlled Atmosphere Storage, in: C. M. Christensen (ed.), Storage of Cereal Grains and Their Products, 443-478.
Hyde, M.B. – Daubney, C.G. 1960: A Study of Grain Storage in Fossae in Malta. Tropical Science 2, 115-129.
İmamoğlu, V. 1992: Geleneksel Kayseri Evleri.
Junkelmann, M. 1991: Die Reiter Roms. Teil II. Reitweise und militärischer Einsatz.
Kamel, A.H. 1980: Underground storage in some Arab countries, in: Shejbal 1980, 25-38.
Kammenhuber, A. 1961: Hippologia Hethitica.
Kemp, B.J. 1986: Large Middle Kingdom granary buildings. Zeitschr. f. ägypt. Sprache und Altertumskunde 113, 120-136.
Klengel, H. 1974: „Hungerjahre" in Hatti, Altorientalische Forschungen 1, 165-174.
Klengel, H. 1975: Zur ökonomischen Funktion der hethitischen Tempel, SMEA 16, 181-200.
Koşay. H.Z. – Akok, M. 1973: Alaca Höyük Kazısı 1963-67.
Korfmann, M. 1983: Demircihüyük I. Architektur, Stratigraphie und Befunde.
Kühne, C. 1999: Gersterationen im mittelassyrischen Harbu, in: V. Haas e.a. (Hrsg.) Landwirtschaft im Alten Orient, Berliner Beiträge zum Vorderen Orient Bd. 18, 179-188.
Lacey, J. 1972: The Microbiology of Grain Stored Underground in Iron Age Type Pits. Journal of Stored Products Research 8, 151-154.
Lamon, R.S. – Shipton, G.M. 1939: Megiddo I. Seasons of 1925-34. Strata I-V.
Makal, M. 1991[13]: Bizim Köy.
Neve, P. 1969a: Der große Tempel und die Magazine, in: K. Bittel e.a., Boğazköy IV, 9-19.
Neve, P. 1969b: Das Südareal, in: K. Bittel e.a., Boğazköy IV (1969) 20-31.
Neve, P. 1975a: Boğazköy, Türk Arkeoloji Dergisi 22-2, 93-113.
Neve, P. 1975b: Grabungen im Gebiet des Großen Tempels (Tempel I) im Jahr 1971, in: K. Bittel u.a., Boğazköy V, 30-46.
Neve, P. 1978: Zur Entwicklung des hethitischen Wohnungsbaus in Boğazköy-Ḫattuša, in: Wohnungsbau im Altertum, Diskussionen zur archäologischen Bauforschung 3, 47-61.
Neve, P. 1982: Boğazköy-Ḫattuša XII. Büyükkale. Die Bauwerke.
Neve, P. 1994: Die Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša 1993, Archäologischer Anzeiger 1994, 289-325.
Neve, P. 1996[2]: Ḫattuša, Stadt der Götter und Tempel.
Omura, S. 1997: 1995 Kaman-Kalehöyük Kazıları, in: XVIII. Kazı Sonuçları Toplantısı I, 201-212.

Omura, S. 1998: Preliminary Report on the Tenth Excavation at Kaman-Kalehöyük in Turkey, in: T. Mikasa (Hrsg.) Essays on Ancient Anatolia in the Second Millenium B.C., Bulletin of the Near Eastern Culture Center in Japan X, 25-77.

Parrot, F. 1834: Reise zum Ararat.

Peters, E. 1979: Vorratshaltung in der anonymen Architektur der Altınova, in: Orta Doğu Teknik Üniversitesi (Hrsg.), Keban Projesi 1973 Çalışmaları, 135-142.

Pons Brun, E. 1997: Die Getreidespeicher aus iberischer Zeit, in: Kunst – und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.), Die Iberer, 120-123.

Reynolds, P.J. 1974: Experimental Iron Age Storage Pits: An Interim Report, Proceedings of the Prehistoric Society 40, 118-131.

Rickman, G. 1971: Roman granaries and store buildings.

Röllig, W. 1992: Die Anfänge der Braukunst im Zweistromland, in: E.M. Ruprechtsberger (Hrsg.) Bier im Altertum. Linzer Archäologische Forschungen Sonderheft VIII, 9-14.

Schirmer, W. 1969a: Boğazköy–Ḫattuša VI. Die Bebauung am unteren Büyükkale-Nordwesthang in Boğazköy.

Schirmer, W. 1969b: Hethitische Steinpflaster in Stadtplanquadrat S/30, in: K. Bittel u.a., Boğazköy IV, 66.

Seeher, J. 1996, 1997, 1998, 1999, 2000: Die Ausgrabungen in Boğazköy-Ḫattuša. Archäologischer Anzeiger 1996, 333-362; 1997, 317-341; 1998, 215-241; 1999, 317-344; 2000, 355-376.

Seeher, J. im Druck: Die Zerstörung der Stadt Ḫattuša, in: G. Wilhelm (Hrsg.), Akten des IV. Kongresses für Hethitologie, Würzburg.

Shejbal, J. (Hrsg.) 1980: Controlled Atmosphere Storage of Grains. Development in Agricultural Engineering, 1.

Siegelová, J. 1986: Hethitische Verwaltungspraxis im Lichte der Wirtschafts – und Inventardokumente.

Sigaut, F. 1980: Significance of underground storage in traditional systems of grain production, in: J. Shejbal 1980, 3-14.

Singer, I. 1983: The Hittite KI.LAM Festival. StBoT 27.

Singer, I. 1999: A political history of Ugarit, Handbuch der Orientalistik 1, Bd.39, 603-733.

Strasser, T.F. 1997: Storage and States on Prehistoric Crete: The Function of the Koulouras in the First Minoan Palaces. Journal of Mediterranean Archaeology 10.1, 73-100.

Strasser, T.F. 1999: Bothroi in the Aegean Early Bronze Age, in: P.P. Betancourt e.a. (Hrsg.), Meletemata. Studies in Aegean Archaeology presented to Malcolm H. Wiener, 813-817.

Trümpelmann, L. 1989: Zum frühgeschichtlichen Silobau im Alten Mesopotamien, in: de Meyer, L. – Haerinck, E. (Hrsg.) Archaeologia Iranica et Orientalis (Festschr. Louis vanden Berghe) I,67-83.

Warren, P.M. 1997: Minoische Paläste, in: W. Hoepfner (Hrsg.) Frühe Stadtkulturen, 62-71.